

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik mit Polikliniken
des Klinikum Steglitz der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr. D. Zühlke

NORMALWERTE FÜR SEITENDIFFERENZ
UND RICHTUNGSÜBERWIEGEN BEI DER
THERMISCHEN VESTIBULARISPRÜFUNG

- Ergebnisse elektronystagmographischer
Untersuchungen an 100 Gesunden unter
Berücksichtigung neuerer statistischer Verfahren. -

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Beate Leonardy
aus Neuerburg

1978



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik mit Polikliniken
des Klinikum Steglitz der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr. D. Zühlke

NORMALWERTE FÜR SEITENDIFFERENZ
UND RICHTUNGSÜBERWIEGEN BEI DER
THERMISCHEN VESTIBULARISPRÜFUNG

- Ergebnisse elektronystagmographischer
Untersuchungen an 100 Gesunden unter
Berücksichtigung neuerer statistischer Verfahren. -

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Beate Leonardy
aus Neuerburg

Referent: Professor Dr. D. Zühlke
Korreferent: Professor Dr. M. Wiederholt



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbe-
reiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 17.10.1978

INHALTSVERZEICHNIS

=====

	Seite
I. Einleitung	5
II. Methodik	14
A. Auswahl des Probandenkollektivs	14
B. Versuchsanordnung und Durchführung	15
C. Methode der Auswertung	18
III. Ergebnisse	24
IV. Diskussion	32
A. Diskussion unserer Methodik	32
B. Diskussion der Ergebnisse	41
1. Zum Ausmaß von Richtungsüber- wiegen bei Gesunden	41
2. Zum Ausmaß von Seitendifferenz bei Gesunden	48
3. Zur Aussagekraft absoluter Normwerte bei der Beurteilung der thermischen Vestibularis- prüfung	51
4. Zur Frage der Normalvertei- lung der Meßwerte bei der thermischen Prüfung	55

	Seite
5. Zur Möglichkeit einer Grenz- ziehung zwischen physiologi- schen und pathologischen Testergebnissen	58
6. Zur Wahl der Intensitätspara- meter bei der Auswertung des thermischen Nystagmus	61
ABBILDUNGEN und TABELLEN	72
V. Zusammenfassung	99
VI. Literaturverzeichnis	102

I. Einleitung

Die thermische Prüfung stellt die wichtigste experimentelle Vestibularisprüfung dar. Sie allein nämlich gestattet es uns, bei der Diagnostik von Erkrankungen des Gleichgewichtssystems jedes Labyrinth für sich zu untersuchen. Als Funktionsprüfung der Vestibularorgane des Innenohres wurde sie erstmals von BARANY (1906) in die Klinik eingeführt. Je nachdem, ob er mit Wasser spülte, das wärmer oder kälter war als die Körpertemperatur von 37°C , entdeckte BARANY einen Nystagmus unterschiedlicher Richtung, ein Befund, der damals noch nicht bekannt war. Auch war bis dahin nicht geläufig, daß die Intensität der nystagmischen Reaktion dabei von der Position des Kopfes im Raum abhängig ist. Anhand umfangreicher Untersuchungen entwickelte er eine bis heute weitgehend akzeptierte Theorie für das Zustandekommen der Nystagmusreaktion auf thermischen Reiz:

Spülung des äußeren Gehörgangs mit Wasser, dessen Temperatur größer oder kleiner als 37°C ist, verursacht eine Erwärmung bzw. Abkühlung des Gehörganges und angrenzender anatomischer Strukturen. Zu diesen gehört auch das Labyrinth, dessen horizontaler Bogengang von der "Temperaturwelle" zuerst erreicht wird. Es kommt dabei auch zu einer Erwärmung bzw. Abkühlung der Endolymphe, die nun nach BARANY bei vertikal stehendem lateralen Bogengang im ersteren Falle aufsteigt, in letzterem Falle absinkt. Daraus resultiert eine Auslenkung der Cupula, die ihrerseits zu den uns bekannten nystagmischen Reaktionen führt. Dafür, daß die Cupula bei rotatorischem und thermischem Reiz tatsächlich ausgelenkt wird, wurden von STEINHAUSEN (1936) experimentelle Beweise erbracht.

Diese von BARANY aufgestellte Theorie hat gerade in jüngster Zeit durch Untersuchungen unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit eine experimentelle Bestätigung gefunden. So kam es zum Sistieren des thermischen Nystagmus in der schwerelosen Phase eines Parabolfluges. Vier bis acht Sekunden nach Beendigung der Schwerelosigkeit trat bei im Mittel 1,5 g der thermische Nystagmus bei allen Probanden wieder auf (KELLOGG and GRAYBIEL 1967).

Dagegen blieb der per- und postrotatorische Nystagmus durch die Schwerelosigkeit unbeeinflusst (JACKSON und SEARS 1966), wie dies nach BARANY ja auch zu fordern ist.

Zahlreiche Autoren haben sich seit BARANY um eine Standardisierung der thermischen Vestibularisprüfung (Spültemperaturen, Spülmenge, Spüldauer u. a.) für den klinischen Gebrauch bemüht, um die Ergebnisse verschiedener Untersucher besser vergleichen zu können (DOHLMANN 1925, VEITS 1928, VEITS und KOSEL 1930, HOPMANN 1936). Seit FITZGERALD und HALLPIKE (1942) hat sich die Spülung mit Wasser von 44°C und 30°C weitgehend durchgesetzt. Als Kriterien wurden die Parameter Gesamtschlagzahl und Reaktionsdauer sowie die Latenz herangezogen. Aber gerade auch von FITZGERALD und HALLPIKE (1942) wurde schon damals darauf hingewiesen, daß die Bestimmung der "Lebendigkeit" des Nystagmus ("briskness") oft nützlich sei. Auch ein kleiner Unterschied der Reaktionsdauer zwischen rechts und links sei als signifikant anzusehen, wenn eine deutliche Differenz der "Lebendigkeit" vorgelegen habe. Statt "briskness" sprechen

wir heute von der Intensität einer nystagmischen Reaktion. Diese läßt sich bei Beobachtung ohne Hilfsmittel oder mit der FRENZEL'schen Leuchtblille halb quantitativ abschätzen - eine Methode, die in der hals-nasen-ohren-ärztlichen Praxis in der Regel als ausreichend zu betrachten ist. Mit der Elektronystagmographie haben wir jedoch die Möglichkeit, die Augenbewegungen exakt aufzuzeichnen und Parameter wie die Nystagmus-Amplitude (MITTERMAIER 1950, MITTERMAIER und CHRISTIAN 1954), die maximale Geschwindigkeit der langsamen (VAN EGMOND und TOLK 1954, HENRIKSSON 1956, TOROK 1969 a, TOROK 1969 b) und schnellen Augenbewegung und die maximale Nystagmusfrequenz (TOROK 1948, TOROK 1970) zu bestimmen.

Darüber hinaus besitzt die Elektronystagmographie noch eine Reihe weiterer Vorteile. So kann der vestibuläre Nystagmus unter verschiedenen Bedingungen wie bei geschlossenen Augen und geöffneten Augen in vollständiger Dunkelheit registriert werden. Die Dokumentation der nystagmischen Reaktion erlaubt einen späteren exakten Vergleich. Wir sind also hiermit imstande, den vestibulären Nystagmus genau zu analysieren. Die Elektronystagmographie hat der Forschung auf dem Gebiet der Neurootologie wesentliche neue Impulse gegeben. Sie ist notwendig in Kliniken, die Vestibularisprüfungen von Patienten wissenschaftlich auswerten wollen.

Bei der Elektronystagmographie (auch Elektro-Okulographie genannt) wird nach dem Prinzip von DUBOIS und REYMOND (1849) die Potentialdifferenz zwischen

Retina (-) und Kornea (+) gemessen. Jedes Auge verhält sich wie ein Stabmagnet. Bei Augenbewegungen kommt es zu einer entsprechenden Verschiebung des elektrischen Feldes dieser Stabmagneten. Dabei ist die Potentialänderung, die mit Elektroden in der Nähe der Augen abgegriffen wird, der Größe der Augenbewegungen in einem weiten Bereich direkt proportional. Die Elektroden zur Registrierung der horizontalen Augenbewegungen werden seitlich der beiden äußeren Augenwinkel an den Schläfen, diejenigen zur Registrierung der vertikalen Augenbewegungen oberhalb und unterhalb des linken Auges angebracht.

Von einer standardisierten thermischen Prüfung sind wir jedoch heute weiter als je entfernt. So wurde an verschiedenen Orten die Spülmethode variiert:

1. Statt Wasser wird erwärmte bzw. abgekühlte Luft in den äußeren Gehörgang eingeblasen (FRENZEL 1943, AANTAA 1966, GATES et al. 1970, ALBERNAZ und GANANCA 1972, CAPPS et al. 1973, COATS et al. 1976). Damit können auch beim Vorliegen einer Radikalhöhle oder einer Trommelfell-Perforation, ohne daß es zu einer Infektion kommt, beide Vestibularorgane getrennt auf ihre Erregbarkeit geprüft werden. Außerdem ist das Einblasen von Luft für den Patienten angenehmer als das Spülen mit Wasser. Andererseits ist diese Reizmethode an ein Gerät gebunden, das exakt die gewählte Lufttemperatur liefern muß. Hier wird ein Faktor eingeführt, der eine wesentliche Fehlerquelle darstellen kann - im Vergleich zu der einfachen Überprüfbarkeit der Wassertemperatur mit einem

herkömmlichen Thermometer. Darüber hinaus ist mit Luft von 30°C und 44°C nur ein sehr schwacher Reiz zu erzielen, die Temperaturdifferenz zur Körpertemperatur muß wesentlich größer sein als die von Wasser, um eine gleichintensive Reizantwort zu erreichen.

2. Beim bilateralen bithermalen Test werden beide Gehörgänge gleichzeitig mit warmem bzw. kaltem Wasser gespült (BROOKLER 1971). Nur wenn eine Differenz der Erregbarkeit zwischen rechts und links oder ein Richtungsüberwiegen besteht, tritt ein Nystagmus auf. Als Vorteil dieses Verfahrens wird die schnellere Ausführung und die geringere Belastung des Patienten herausgestellt. Folgende Argumente sprechen gegen diese Testmethode:

- a) Beidseitige Minder- oder Unerregbarkeit wird nicht erkannt.
- b) Kommt es zu einer nystagmischen Reaktion bei der bilateralen Spülung, so muß die übliche getrennte Spülung zur exakten Befunderhebung sowieso erfolgen. Da bei der überwiegenden Zahl unserer thermischen Prüfungen an Patienten pathologische Befunde erhoben werden, wäre diese bilaterale Spülung keine Zeitersparnis, sondern eine zusätzliche Belastung.

3. Eine interessante Modifikation wurde von PROCTOR und DIX (1975) sowie von PROCTOR et al. (1975) in jüngster Zeit beschrieben: der sinusförmige bithermale Test ("sinusoidal bithermal caloric test"). Es handelt sich um eine Methode, die wie

die Autoren selbst ausführen, wohl noch nicht ganz ausgereift ist, die jedoch möglicherweise in Zukunft eine zeitliche Verkürzung der thermischen Prüfung ohne Verlust an Information bringen könnte: Es wird zunächst 38 Sekunden mit Wasser von 44°C , dann 58 Sekunden mit Wasser von 30°C , danach 12 Sekunden nochmals mit 44°C gespült. Am horizontalen Bogengang entsteht eine sinusförmige Temperaturkurve, wobei die Intensität des registrierten thermischen Nystagmus dem Abstand der Temperatur des horizontalen Bogengangs von 37°C entspricht. Der vollständige Test dauert zehn Minuten - ad modum HALLPIKE sind mindestens 24 Minuten erforderlich (bei einem Zeitintervall zwischen den Spülungen von sieben Minuten), bei Durchführung exakt nach den Angaben von HALLPIKE sogar 31 Minuten.

Eine ununterbrochene Spülung zwischen 37°C und 19°C - "continuous thermal vestibulometry" wird von STEFFEN et al. (1970) vorgeschlagen.

Unterschiedliche große Reizstärken empfahl auch MEIER (1968).

Im neurootologischen Labor der Hals-Nasen-Ohren-Klinik im Klinikum Steglitz der Freien Universität Berlin wird die thermische Reaktion mittels Elektronystagmographie aufgezeichnet. Gespült wird mit 50 ml Wasser von 44°C und 30°C , Spüldauer 30 Sekunden. Registriert wird seit 1972 mit geöffneten Augen in vollständiger Dunkelheit. Diese Registrierung mit geöffneten Augen hat verschiedene Vorteile:

- a) Es wird eine Nystagmushemmung durch Lidschluß (MULCH und BONNER 1976, BONNER 1977) vermieden und damit eine Fehlbeurteilung der Ergebnisse.
- b) Die ENG-Kurve ist weniger durch Artefakte gestört.
- c) Ein hohes Vigilanzniveau wird durch Offenhalten der Augen, wobei Blickintention und Spähbewegungen erhalten bleiben, gesichert, darüber hinaus durch kontrollierte Rechenaufgaben.

Es ergab sich nun die Frage, in welchem Falle bei der hier angewandten Methode das Ergebnis einer thermischen Prüfung als pathologisch angesehen werden kann. Insbesondere sollte auch geprüft werden, ob ein von CLAUSSEN (1969 a, 1969 b, 1970, 1971 a, 1971 b, 1971 c) in Weiterentwicklung eines Verfahrens von GORLIA (1965) angegebenes "Schmetterlingsschema" eine diagnostische Hilfe darstellt, um zwischen physiologischem und pathologischem Ergebnis der thermischen Prüfung zu unterscheiden.

Zur Beurteilung dieser obengenannten Fragen sind bisherige Untersuchungen nur bedingt geeignet, da teilweise andere Ableittechniken, z. B. Photo-Elektronystagmographie (PFALTZ 1957, 1965, PFALTZ und RICHTER 1956, 1965, TOROK 1969), andere Spülmodi (ARSLAN et al. 1953, BOENNINGHAUS 1953, ARSLAN 1957) oder die Registrierung mit geschlossenen Augen (HINCHCLIFFE und VOOTS 1962, HINCHCLIFFE 1967 a) gewählt wurden.

Für eine Abgrenzung zwischen normalen und pathologischen Befunden sind auch die Ergebnisse von Tests aus Patientenkollektiven kaum heranzuziehen (FITZGERALD and HALLPIKE 1942, GRAMOWSKI et al. 1967, HINCHCLIFFE 1967 b, TOGLIA 1967, CLAUSSEN 1969 a, WIRTH 1970, SIMMONS 1973, THOMSEN und ZILSTORFF 1973, KIRSTEIN und PREBER 1954).

Unsere Arbeit sollte zur Klärung folgender Fragen beitragen:

1. Welches Ausmaß besitzen Seitendifferenz und Richtungsüberwiegen, bezogen auf die Größe der Gesamtreaktion bei Gesunden, u. z. bei der von uns angewandten Methodik?
2. Wie stark schwankt die absolute Größe der nyctagmischen Reaktion bei gleichen Prüfbedingungen innerhalb dieses Kollektivs?
3. Lassen sich absolute "Normwerte" aufstellen, jenseits derer das Ergebnis einer Prüfung pathologisch ist?
4. Inwieweit kann das "Schmetterlingsschema" (CLAUSSEN) eine diagnostische Hilfe sein?
5. Liegt eine Normalverteilung der gemessenen Werte vor, bzw. ist es zulässig, mit Mittelwert und Standardabweichung zu arbeiten?
6. Welche der von uns berechneten Parameter - maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase, maximale Amplitude, maximale Frequenz, Gesamtschlagzahl und Reaktionsdauer - sollten bei klinischen Vestibularisprüfungen bestimmt werden?

7. Wie sind verschiedene Nystagmusparameter bei Gesunden miteinander korreliert?
8. Welchen Einfluß haben gewisse Lebensgewohnheiten, wie z. B. Nikotingenuß, Coffeingenuß und verschiedene Vorerkrankungen auf das Ergebnis der thermischen Prüfung?

II. Methodik

A) Auswahl des Probandenkollektivs

Aus einer weit größeren Anzahl von Probanden wurden 100 Versuchspersonen im Alter zwischen 15 und 40 Jahren nach anamnestischen Kriterien ausgewählt. Das durchschnittliche Alter betrug 24,8 Jahre. Es handelte sich um 51 Männer und 49 Frauen. Näheres siehe Abb. 1.

Anhand eines Fragebogens wurden folgende Vorerkrankungen ausgeschlossen: Schwindelsymptome vestibulärer Art, Otitis media innerhalb der letzten zehn Jahre, vorausgegangene Unfälle, insbesondere Schädelhirntraumen und neurologische Erkrankungen, wobei insbesondere nach Encephalomyelitis disseminata, Fazialisparesen, Trigeminusläsionen und Meningitis gefahndet wurde. Darüber hinaus wurden Probanden mit Nieren- und Gefäßleiden in der Anamnese, sowie Personen, die möglicherweise unter oto- bzw. vestibulotoxischer Medikation (z. B. Streptomycin) gestanden haben könnten, eliminiert. Ebenfalls schieden vier Probanden mit kongenitalem Fixationsnystagmus von vornherein aus.

Der Frage nach Rechts- oder Linkshändigkeit wurde in Anbetracht der Untersuchungen von HAMERSMA 1957 und MILOJEVIC und WATSON 1965 keine Bedeutung beigemessen.

Den in unsere Studie aufgenommenen Probanden war in den 48 Stunden vor unserer Untersuchung weder die Einnahme von Barbituraten oder anderen Sedativa noch in den letzten 24 Stunden die Aufnahme

von Alkohol und in der letzten Stunde von Nikotin und Coffein gestattet. An Medikamenten war nur die Einnahme von Kontrazeptiva erlaubt.

Die Probanden, deren ENG-Befunde Gegenstand unserer Untersuchung sind, mußten außerdem unauffällige Ergebnisse bei der unmittelbar vor dem Test vorgenommenen HNO-Spiegeluntersuchung sowie einem Tonschwellenaudiogramm aufweisen.

B) Versuchsanordnung und Durchführung

Vor der thermischen Prüfung wurde mittels Elektornystagmographie nach Spontan- oder Lagenystagmus in folgenden Positionen gefahndet:

1. Rückenlage
2. Rechtslage
3. Linkslage
4. Kopfhängelage
5. im Sitzen.

Hierbei wurde das Elektronystagmogramm sowohl bei geschlossenen als auch bei geöffneten Augen in vollständiger Dunkelheit jeweils für 60 Sekunden registriert. Die Möglichkeit zu fixieren wurde nicht nur dadurch völlig ausgeschlossen, daß der Untersuchungsraum verdunkelt wurde, sondern auch dadurch, daß ein lichtundurchlässiger Vorhang zusätzlich den Teil des Raumes abschirmte, in dem sich der Untersuchungstisch mit dem Probanden befand. Nach der Lagerung in eine andere Position wurde mindestens zwei Minuten abgewartet, bevor das ENG aufgezeichnet wurde.

In dieser Zeit war im Untersuchungsraum das Licht eingeschaltet. Die thermische Prüfung führten wir hinsichtlich der Spültemperatur und der Körperposition während der Spülung ad modum FITZGERALD und HALLPIKE (1942) und HALLPIKE (1955) durch; das heißt im Liegen mit um 30° über die Horizontale angehobener Körperlängsachse und mit Wassertemperaturen von 44°C und 30°C . Allerdings spülten wir nur 30 Sekunden lang mit einer Wassermenge von 50 ml. Dabei wurde das Wasser mit einer 50 ml-Spritze über einen PVC-Schlauch in den Gehörgang eingebracht. Bei den Spülungen wurde stets folgende Reihenfolge eingehalten:

1. Rechts 44°C .
2. Links 44°C .
3. Links 30°C .
4. Rechts 30°C .

Jede Reaktion wurde mindestens 240 Sekunden lang registriert, zwischen den einzelnen Spülungen lag eine Pause von zehn Minuten. Während der gesamten thermischen Prüfung blieben die Augen der Probanden im Dunkeln geöffnet. Zur Erhaltung eines gleich hohen Vigilanzniveaus wurden von den Versuchspersonen während der Registrierung grundsätzlich einfache Rechenaufgaben gelöst, wie zum Beispiel serielle Subtraktion von 1 000 - 12. Der experimentelle Nystagmus wurde mittels Elektronystagmographie aufgezeichnet. Dies geschah bei 70 Probanden mit einem Toennies-Gegentaktverstärker- und Direktschreibersystem "Nystagmograph" (Papiervorlauf: 12,5 mm, Zeitkonstante: 2,7 Sekunden) auf thermosensiblen Wachspapier. Bei 30 Pro-

banden wurde ein Siemens-Elema-Schönander-EEG-Verstärker und Direktschreiber "Mingograph" mit normalem Millimeterpapier (Papiervorlauf: 10 mm/Sekunde, Zeitkonstante: 2,5 Sekunden) verwendet. Wie international üblich, wurden die Elektroden zur Registrierung der horizontalen Augenbewegungen seitlich der äußeren Augenwinkel, diejenigen zur Registrierung der vertikalen Augenbewegungen oberhalb und unterhalb des linken Auges angebracht.

Zur sogenannten Blickwinkeleichung mußten die Probanden im Wechsel zwei Lichtpunkte fixieren, die vom Geradeausblick (0^0) nach rechts und links bzw. nach oben und unten in einem Blickwinkel von jeweils zehn Winkelgrad standen. Die Verstärkung wurde nach dem Vorschlag von HENRIKSSON et al. (1972) so eingestellt, daß zehn Winkelgrad mindestens 15 mm Ausschlag auf der Kurve entsprachen. Die Polung der Elektroden erfolgte in der Weise, daß eine Augenbewegung nach links zu einem Ausschlag der Kurve nach unten, eine Bewegung nach rechts zu einer Auslenkung nach oben führte. Bei der vertikalen Registrierung verursachte eine Aufwärtsbewegung des Auges eine Kurvenführung nach oben, eine Abwärtsbewegung eine Kurvenführung nach unten.

Zwischen der Fahndung nach Spontan- und Lagenystagmus in verschiedenen Positionen wurde mehrfach kalibriert; ebenso vor und nach der thermischen Prüfung sowie zwischen Warm- und Kaltspülungen.

C) Methode der Auswertung

Zur Bestimmung, wievielen Winkelgrad wieviele Millimeter Kurvenausschlag entsprachen, wurde das arithmetische Mittel aus mindestens zehn Blicksprüngen errechnet. Die Elektronystagmogramme wurden auf Spontan- oder Lagenystagmus hin überprüft. War ein solcher Nystagmus in mindestens einer der oben genannten Lagen eindeutig vorhanden, so wurden Frequenz, Summe der schnellen und Summe der langsamen Phasen pro Minute ermittelt. In der hier vorliegenden Arbeit wurde dem jedoch nicht weiter nachgegangen. Dies war das Thema einer hiervon unabhängigen Untersuchung (MULCH und TRINCKER 1975, TRINCKER 1976). Bei der thermischen Prüfung wurden folgende Parameter ausgewertet:

- a) Parameter, das Maximum der Reaktion beschreibend:
 - 1. Maximale Frequenz pro 10 und pro 30 Sekunden.
 - 2. Maximale Amplitude pro 10 und pro 30 Sekunden in Winkelgrad.
 - 3. Maximale Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase über einen Zeitabschnitt von 10 und von 30 Sekunden in Winkelgrad pro Sekunde.
- b) Parameter, die Gesamtreaktion erfassend:
 - 1. Gesamtschlagzahl.
 - 2. Reaktionsdauer, wobei als obere Grenze 240 Sekunden festgelegt wurden.

Die Bestimmung der maximalen Amplitude pro Zeiteinheit geschah in der Weise, daß die Amplituden sämtlicher langsamer Phasen über einen Zeitabschnitt von jeweils 10 Sekunden addiert wurden. Danach wurde der höchste Zahlenwert pro 10 bzw. pro 30 Sekunden ermittelt. Bei der Errechnung der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase wurden jeweils drei langsame Phasen ausgewählt, deren Kurvenanstieg typisch war. Außerdem mußte die Basis des Nystagmusschlages, dessen langsame Phase ausgemessen wurde, in etwa eine Horizontale darstellen (vom Beginn der langsamen Phase bis zum Ende der schnellen Phase).

Von allen Parametern der hundert Gesunden wurden, für jede Spülung für sich, Medianwert und der 80, 90, 94 und 100 % Interquantilbereich sowie Mittelwert und Standardabweichung ermittelt. (Abb. 2 und Tabelle 1.) Darüber hinaus wurde für sämtliche Parameter mit Ausnahme der Reaktionsdauer in Anlehnung an JONGKEES et al. (1962), geringfügig modifiziert nach HENRIKSSON et al. (1972), nach folgenden Formeln das Ausmaß von Seitendifferenz (SD) und Richtungsüberwiegen (RÜ) berechnet. (Abb. 3 und 4.)

$$SD = \frac{(re\ 44^{\circ}C + re\ 30^{\circ}C) - (li\ 44^{\circ}C + li\ 30^{\circ}C)}{(re\ 44^{\circ}C + li\ 44^{\circ}C + li\ 30^{\circ}C + re\ 30^{\circ}C)}$$

$$RÜ = \frac{(li\ 44^{\circ}C + re\ 30^{\circ}C) - (re\ 44^{\circ}C + li\ 30^{\circ}C)}{(re\ 44^{\circ}C + li\ 44^{\circ}C + li\ 30^{\circ}C + re\ 30^{\circ}C)}$$

Darüber hinaus wurden die Korrelations-Koeffizienten zwischen sämtlichen Parametern der thermischen Prüfung bestimmt. (Abb. 5.)

Aufgrund der Befunde bei der Fahndung nach Spontan- und Lagenystagmus wurden Untergruppen gebildet und sämtliche errechnete Parameter folgender Teilkollektive mit Hilfe des T-Testes auf signifikante Unterschiede untersucht. (Tabelle 2 a und 2 b).

- | | | |
|--|-------|---|
| a) Teilkollektiv ohne
Spontan- bzw.
Lagenystagmus
(n = 55) | gegen | b) Teilkollektiv mit
Spontan- bzw.
Lagenystagmus
nach links
(n = 21) |
| a) Teilkollektiv ohne
Spontan- bzw.
Lagenystagmus
(n = 55) | gegen | c) Teilkollektiv mit
Spontan- bzw.
Lagenystagmus
nach rechts
(n = 24) |
| b) Teilkollektiv mit
Spontan- bzw.
Lagenystagmus
nach links
(n = 21) | gegen | c) Teilkollektiv mit
Spontan- bzw.
Lagenystagmus
nach rechts
(n = 24) |

Aufgrund anamnestischer Angaben wurden darüber hinaus die Parameter folgender weiterer Untergruppen auf statistisch signifikante Unterschiede analysiert. (Tab. 2 c und 2 d).

- | | | |
|---|-------|--|
| d) Frauen mit
Antikonzeptiva
(n = 29) | gegen | e) Frauen ohne
Antikonzeptiva
(n = 20) |
|---|-------|--|

f) Raucher (n = 41)	gegen	g) Nichtraucher (n = 59)
h) Otitis media als Kind: ja (n = 17)	gegen	i) Otitis media als Kind: nein (n = 83)
j) Coffeingenuß > 4 Tassen/die ja (n = 42)	gegen	k) Coffeingenuß > 4 Tassen/die nein (n = 58)

Desweiteren wurden die Parameter der Teilkollektive

l) Männer (n = 51)	gegen	m) Frauen (n = 49)
n) orthostatische Beschwerden ja (n = 22)	gegen	o) orthostatische Beschwerden nein (n = 78)

einander gegenübergestellt.

Für jedes dieser Teilkollektive berechneten wir nun Mittelwert und Standardabweichungen für sämtliche Parameter. Mit Hilfe des sogenannten T-Testes für Paardifferenzen wurden für jeden Parameter getrennt die Werte des einen Teilkollektivs mit denjenigen des entsprechenden anderen Teilkollektivs verglichen.

In Anlehnung an GORLIA (1965) und CLAUSSEN (1969, 1970, 1971) erstellten wir auf der Basis der von uns bestimmten Mittelwerte und Standardabweichungen für die Parameter maximale Frequenz/30 Sekunden (Abb. 6) und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase (max. slow phase velocity)/30 Sekunden (Abb. 7) ein sogenanntes Schmetterlingsschema. Dabei wird der Zahlenwert jeder der Spülungen auf den Ordinatenparallelen eingetragen. Die Abszisse steht für die Zeit, hier also 30 Sekunden, über die die maximale Nystagmusintensität berechnet wurde. Der auf den Ordinatenparallelen eingezeichnete Meßwert wird dann zur Darstellung der "Kennlinie" des geprüften Vestibularorgans mit dem Achsenmittelpunkt verbunden. Die gepunktete Linie veranschaulicht jeweils den Mittelwert, der schraffierte Bereich die Standardabweichung ($\pm$ s), nach CLAUSSEN den "Normbereich". Bei der Angabe eines Normbereiches erwartet man, daß die Werte von gesunden Versuchspersonen innerhalb dieser Grenzen und diejenigen von Patienten möglichst außerhalb zu finden sind. Um festzustellen, ob tatsächlich die Werte unserer Gesunden innerhalb des "Normbereiches" dieses Schemas liegen, trugen wir die Beträge der maximalen Frequenz/30 Sekunden jedes unserer 100 Probanden in dieses sogenannte Schmetterlingsschema ein.

Beispiele für "pathologische" Schmetterlingsschemata sind in Abb. 8 - 15 wiedergegeben.

Darüber hinaus wurde von uns geprüft, ob eine Normalverteilung unserer, bei den einzelnen Spülungen gemessenen Werte für die Intensität der Nystagmusreaktion besteht. Dazu wurden die Häufigkeitssummen der Zahlenwerte der maximalen Frequenz/30 Sekunden und diejenigen der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase/30 Sekunden jeweils der Warmspülung rechts in ein Wahrscheinlichkeitsnetz eingetragen (Abb. 16), wie auch die Häufigkeitssummen der Werte für die maximale Frequenz, maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase und maximale Amplitude, jeweils pro 10 Sekunden und der Gesamtschlagzahl für die Warmspülungen rechts (Abb. 17).

III. Ergebnisse

An den 100 Elektronystagmogrammen wurden die Medianwerte und die Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Minimal- und Maximalwerte sämtlicher in der Methodik genannten Parameter berechnet, und zwar getrennt für jede der vier Spülungen. Die genauen Daten sind in der Abbildung 2 sowie der Tabelle 1 dargestellt.

Die Reaktionen nach den Kaltspülungen (30°C) waren in der Regel intensiver als diejenigen nach den Warmspülungen (44°C). Die Differenz betrug 10 % und mehr.

Die von uns ermittelten Zahlenwerte sind, wie es in der Biologie im allgemeinen ja auch zu erwarten ist, keineswegs normal verteilt. Dies zeigt für die Parameter maximale Frequenz/30 Sek. und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/30 Sek. (Warmspülung rechts) die Abbildung 16, für die Parameter Gesamtschlagzahl, maximale Amplitude, maximale Frequenz und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/jeweils pro 10 Sek. (Warmspülung rechts) die Abbildung 17. Wären die Zahlenwerte normal verteilt, so würde sich nach Eintragung der Häufigkeitssummen in das Wahrscheinlichkeitsnetz eine Gerade ergeben. Dies ist jedoch, wie die Abbildungen zeigen, nicht der Fall. Wir haben dennoch im Rahmen dieser Studie die Mittelwerte und Standardabweichungen erfaßt, damit unsere Daten besser mit denen anderer Autoren vergleichbar sind.

Zusätzlich haben wir jedoch die Interquantilbereiche 94, 90 und 80 % zusammen mit dem Minimal-, Maximal- und Medianwert in der Abbildung 2 sowie der Tabelle 1 aufgeführt.

Für das Ausmaß einer Seitendifferenz zwischen rechts und links sowie eines Richtungsüberwiegens (Formel zur Berechnung siehe Kapitel Methodik) wurden die gleichen statistischen Daten wie für die Absolutwerte ermittelt. Diese Werte sind in den Abbildungen 3 und 4 übersichtlich aufgetragen. Dabei bedeutet bei der Seitendifferenz ein positives Vorzeichen intensivere Reizantworten von seiten des rechten Labyrinths, ein negatives Vorzeichen eine stärkere Nystagmusreaktion von der linken Seite. Beim Richtungsüberwiegen hingegen gibt ein positives Vorzeichen Auskunft über eine größere Intensität der nach links gerichteten Nystagmen. Ein negatives Vorzeichen läßt ein Überwiegen der Rechtsnystagmen erkennen. Die errechneten Mittelwerte gruppieren sich alle um ± 0 , wobei die Werte des Richtungsüberwiegens (zwischen $- 3,6$ und $+ 0,5$) eine größere Streubreite aufweisen als die der Seitendifferenz (zwischen $- 1$ und $+ 1,3$). Auffallend sind sowohl für das Richtungsüberwiegen als auch für die Seitendifferenz einzelne erstaunlich hohe Prozentzahlen von weit über 40 %, in einem Fall sogar von über 60 % der Gesamtreaktion; und zum anderen, daß das Ausmaß dieser Streuung für verschiedene Parameter unterschiedlich ist. So streut die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase weit stärker als die maximale Frequenz pro 10 Sekunden.

Der Abbildung 5 sind die Korrelations-Koeffizienten zwischen den einzelnen Parametern für jede Spülung zu entnehmen. Dabei kennzeichnet das gewählte Raster den Bereich, in dem die errechneten Werte angesiedelt sind ($0,3 - 0,6$, $0,75 - 0,95$ und $> 0,95$). Wie die Abbildung 5 zeigt, besteht eine

sehr hohe Korrelation zwischen der maximalen Amplitude und der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase (slow phase velocity)/10 und 30 Sekunden einerseits sowie zwischen maximaler Frequenz/10 und 30 Sekunden und Gesamtschlagzahl andererseits.

Eine deutlich geringere - wenn auch immer noch signifikante - Beziehung liegt vor zwischen den Meßgrößen maximale Frequenz und maximale Amplitude, Gesamtschlagzahl und maximale Amplitude, maximale Frequenz und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase und Gesamtschlagzahl und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase.

Die statistische Berechnung ergab, daß mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 1\%$ Beziehungen zwischen sämtlichen Parametern bestehen, deren Korrelations-Koeffizienten in Abbildung 5 aufgeführt sind.

Nicht dargestellt in Abbildung 5 wurden die Korrelations-Koeffizienten zwischen der Reaktionsdauer und den übrigen Parametern. Zu dieser Berechnung wurden nur die Zahlenwerte der Reaktionsdauer, die ≤ 240 Sekunden waren, herangezogen (die Registrierung erfolgte nur über 240 Sek.). Die hierbei bei 57 - 68 Probanden (für die einzelnen Spülungen fanden sich unterschiedliche Werte) ermittelten Koeffizienten sind weit kleiner als alle übrigen.

Beim Vergleich der Zahlenwerte der auf Seite 20/21 erwähnten Teilkollektive wurden zwischen Männern und Frauen sowie den Probanden mit und ohne orthostatische Beschwerden keine statistisch signifikanten Unterschiede errechnet. Bei folgenden Untergruppen ergaben sich jeweils bei zwei von 48 Parametern

Mittelwertpaare, die sich voneinander statistisch signifikant unterschieden:

- | | | |
|---|---|--|
| d) Frauen mit Antikonzeptiva | - | e) Frauen ohne Antikonzeptiva (Tab. 2 c) |
| f) Raucher | - | g) Nichtraucher (Tab. 2 c) |
| h) Probanden mit anamnestisch bekannter Otitis media als Kind | - | i) Probanden ohne anamnestisch bekannte Otitis media als Kind (Tab. 2 c) |

Bei dem Teilkollektiv Frauen mit Antikonzeptiva (siehe Tab. 2 c) war die absolute Größe des Parameters Reaktionsdauer der Kaltspülung rechts sowie der Amplitude 44°C links/30 Sek. mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von jeweils $< 5\%$ signifikant höher als die entsprechenden Werte des Teilkollektivs Frauen ohne Antikonzeptiva.

Die Zahlenwerte der maximalen Amplitude/30 und 10 Sek. der Kaltspülung links lagen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $< 5\%$ bei der Untergruppe Raucher niedriger als die entsprechenden Werte der Untergruppe Nichtraucher (siehe Tab. 2 c). Die Zahlenwerte der Frequenz der Warmspülung rechts/10 Sek. sowie die prozentuale Seitendifferenz für die Amplitude/30 Sek. des Teilkollektivs Otitis media als Kind: ja, unterschieden sich ebenfalls mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $< 5\%$ von den entsprechenden Werten des Teilkollektivs Otitis media als Kind: nein (siehe Tab. 2 c). Die Resultate derjenigen Probanden, die regelmäßig vier und mehr Tassen Kaffee pro Tag tranken, differieren von den Ergebnissen derjenigen Probanden mit geringem oder überhaupt keinem Coffeingenuß bei 18 von 48 Parametern (siehe Tab. 2 d) und

zwar bei neun Meßgrößen mit $p = < 1 \%$ und bei neun Parametern mit $p < 5 \%$ (Tab. 2 d). Dabei differieren 14 von 32 Parametern, die die absolute Größe der Nyctagmusreaktion beschreiben. Die maximale Amplitude bei sämtlichen Spülungen, sowohl pro 10 als auch pro 30 Sek. lag bei den Probanden mit wenig oder gar keinem Kaffeegenuß signifikant höher als bei den Probanden mit Kaffeegenuß von vier und mehr Tassen pro Tag. Dabei unterschied sich die maximale Amplitude sechsmal mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $< 1 \%$, zweimal mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $< 5 \%$. Bei drei von vier Spülungen ergab sich auch ein signifikanter Unterschied für die Reaktionsdauer, die bei den Kaffeetrinkern niedriger lag (zweimal mit $p < 1 \%$, einmal $p < 5 \%$). Weitere Einzelheiten siehe Tab. 2 d.

Wie bereits erwähnt, wurde vor der thermischen Prüfung in fünf verschiedenen Positionen sowohl bei geschlossenen wie auch bei geöffneten Augen in Dunkelheit nach Spontan- und Lagenystagmus gefahndet. Von den 100 gesunden Versuchspersonen wiesen 45 einen Spontan- und Lagenystagmus auf, der bei 24 Gesunden nach rechts und bei 21 Probanden nach links gerichtet war. Hierbei wurden sämtliche Positionen und beide Ableitungsmodi (geschlossene Augen, geöffnete Augen in Dunkelheit) berücksichtigt. Die Zahlenwerte der thermischen Prüfung der Probanden mit Spontannystagmus wurden denjenigen der Probanden ohne Spontannystagmus (T-Test) gegenübergestellt, wobei sich für keinen der verglichenen Parameter ein signifikanter Unterschied ergab. Bei Vergleich der Zahlenwerte der Untergruppe a) kein Spontannystagmus gegen diejenigen des Teilkollektivs c) mit Spontannystagmus nach rechts fand sich

nur für einen von 48 Parametern eine Differenz mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 5\%$ (siehe Tab. 2 a). Für die Teilkollektive a) kein Spontan-nystagmus gegen b) Spontannystagmus nach links wurden statistisch signifikante Differenzen bei drei Parametern, davon einmal mit $p < 5\%$ und zweimal mit $p < 1\%$ berechnet (siehe Tab. 2 a). Dagegen erbrachte der Vergleich zwischen dem Teilkollektiv b) Spontannystagmus nach links mit der Untergruppe c) Spontannystagmus nach rechts 13 Meßgrößen, die sich mit $p < 5\%$ und drei, die sich mit $p < 1\%$ als signifikant erwiesen (siehe Tab. 2 b). Acht dieser Parameter betrafen das Richtungsüberwiegen. Dabei stimmt die Richtung des Richtungsüberwiegens in allen Fällen mit der Richtung des bei den Gesunden ermittelten Spontan- und Lagenystagmus überein. Bei den Parametern, die die absolute Größe der Reaktion beschreiben, lagen jeweils die dem Spontannystagmus gleichgerichteten Nystagmusreaktionen signifikant höher als die Nystagmusreaktionen in Gegenrichtung. Das hier Gesagte trifft auch für die signifikant unterschiedlichen Parameter der Teilkollektive kein Spontannystagmus, Spontannystagmus nach links sowie die Teilkollektive kein Spontannystagmus gegen Spontan-nystagmus nach rechts zu (im einzelnen siehe Tab. 2 a und 2 b).

Bei Anwendung des von CLAUSSEN angegebenen Verfahrens zur Beurteilung, ob eine thermische Prüfung physiologisch oder pathologisch ist (siehe S. 22), fanden sich die Werte fünfundfünzigmal bei mindestens einer der Spülungen, siebenundzwanzigmal bei mindestens zwei, achtmal bei drei und zehnmal bei allen vier Spülungen außerhalb dieses von CLAUSSEN vermuteten Normbereichs.

Fünf von unseren 100 Probanden zeigten einen "kleinen Schmetterling", nach CLAUSSEN Ausdruck einer beiderseitigen Mindererregbarkeit der peripher-vestibulären Systeme. Beispielhaft werden die Schemata der Probanden M. D. (Abb. 8), J. B. (Abb. 9) und S. D. (Abb. 10) dargestellt.

Bei vier der 100 ergab sich das Bild des "großen Schmetterlings", nach CLAUSSEN Hinweis auf eine Enthemmung der peripher-vestibulären Systeme, meist aufgrund hypoxämischer Hirnstammschädigung. Beispiele dafür sind H. S. (Abb. 11) und W. Z. (Abb. 12).

Vier der 100 wiesen ein vermeintlich pathologisches Richtungsüberwiegen auf. Die Befunde der Probanden M. B. und P. P. sind den Abbildungen 13 und 14 zu entnehmen.

Bei drei der 100 bestand nach den Kriterien von CLAUSSEN eine pathologische Seitendifferenz. Als Beispiel ist in Abbildung 15 das Schmetterlingsschema von S. M. wiedergegeben.

Eine andere Form der Darstellung des "Normbereiches" haben wir in Abbildung 18 gewählt. Der Übersicht halber beschränken wir uns auf die Wiedergabe der Warmspülungen. In dieser Grafik wurde auf der Ordinate der absolute Zahlenwert der maximalen Frequenz/30 Sek. der Warmspülung rechts, auf der Abszisse derjenige der Warmspülung links aufgetragen. Das Rechteck entspricht dem von CLAUSSEN vermuteten Normbereich ($m \pm s$). Die außerhalb des Rechtecks liegenden Zahlenwerte wurden in Form eines Kreises, die innerhalb sich befindenden als schwarzer Punkt ein-

gezeichnet. Die Zahlenwerte von 43 der 100 gesunden Versuchspersonen wurden außerhalb dieses Rechtecks und damit außerhalb der "Norm" angetroffen. Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Warmspülungen, die den erheblichen Einfluß extravestibulärer Faktoren auf die momentane Stärke einer Nystagmusreaktion Rechnung trägt, bringt Abb. 19. Die Ordinate gibt die Differenz zwischen den Zahlenwerten der Warmspülungen rechts und links unter Vernachlässigung des Vorzeichens, die Abszisse die Summe dieser Zahlenwerte an. Darüberhinaus ist die einfache Standardabweichung nach jeder Seite ($m \pm s$) eingetragen. Es zeigt sich, daß der größte Anteil der in Abb. 18 außerhalb des Rechtecks liegenden Werte (Kreise) hier innerhalb des Kegels ($+ s$, $- s$) zu finden ist. Dabei stellt man also fest, daß die Werte derjenigen Probanden, bei denen eine vergleichsweise geringe Seitendifferenz besteht (Zahlen: 30, 41, 51, 65, 69, 75, 81, 100) und die dennoch außerhalb des Rechtecks, des von CLAUSSEN angegebenen Normbereichs, angesiedelt sind, innerhalb von $m \pm s$ aufgefunden werden, sobald man diese Differenz auf die Größe der Gesamtreaktion bezieht. Auch die Zahlenwerte der Probanden mit "kleinem" und "großem Schmetterling" liegen sämtlich innerhalb von $m \pm s$.

IV. Diskussion

A) Diskussion unserer Methodik

In unsere Studie wurden nur Personen aufgenommen, die als gesund bezeichnet werden konnten, nicht aber Probanden mit vorausgegangenen Erkrankungen des Zentralnervensystems wie zum Beispiel Anfall- und Krampfleiden, Meningitiden, auch der Verdacht auf solche Erkrankungen in früher Kindheit. Ebenso wurden Personen, bei denen sich in der Anamnese der Hinweis oder auch nur der Verdacht auf ein Geburtstrauma, ein Schädelhirntrauma generell, insbesondere aber eine Commotio ergab, aus der Studie eliminiert. Dabei sind wir uns darüber im klaren, daß selbst durch exakte Befragung und genaue Befunderhebung anhand eines Fragebogens Schädigungen des peripheren oder zentralen vestibulären Systems nicht immer mit Sicherheit erfaßt werden können (ZÜHLKE und VAN LANDEGHEM 1968).

Probanden andererseits, die über eine Mittelohrentzündung ohne erkennbare Folgen (HNO-Spiegelbefund, Audiogramm) im Kindesalter berichteten, wurden nicht ausgeschlossen. Denn schon aufgrund der von uns aufgestellten Ausschlußkriterien mußte eine überraschend große Zahl von "gesunden" Freiwilligen für unsere Studie zurückgewiesen werden. Häufigster Ausschlußgrund war eine Commotio cerebri, die doch viel häufiger geschildert wurde, als von uns vermutet worden war.

Das Lebensalter der Probanden wurde auf mindestens 15 und höchstens 40 Jahre festgelegt. Denn nach den Mitteilungen einer ganzen Reihe von Autoren nimmt das Lebensalter Einfluß auf die Intensität des experimentellen vestibulären Nystagmus.

So beschrieben BRUNER und NORRIS 1971 bei Berücksichtigung der Nystagmusparameter Frequenz und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase bis ins siebte Lebensjahrzehnt eine Reaktionszunahme bei der thermischen Vestibularisprüfung mit ansteigendem Alter, jenseits davon jedoch eine Reaktionsabnahme.

GRAMOWSKI und UNGER (1973) beobachteten bei zwei Gruppen von Gesunden (jeweils $n = 10$), deren Durchschnittsalter 19 und 65 Jahre betrug, bei der thermischen Prüfung keine signifikante Differenz des Ausmaßes von Seitendifferenz und Richtungsüberwiegen. Jedoch wurden für die Älteren mit 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant höhere Werte für die maximale Frequenz und die maximale Amplitude der Warmspülungen ermittelt.

In neuester Zeit berechneten MULCH und PETERMANN (1977) bei der thermischen Prüfung von 102 Probanden unterschiedlichen Lebensalters (sechs gleichgroße Altersgruppen zwischen elf und 70 Jahren) die intensivsten Reizantworten (Parameter: maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase, maximale Amplitude, maximale Frequenz, Gesamtschlagzahl) für die Gesunden mittleren Lebensalters. Darüberhinaus erbrachten die statistischen Untersuchungen ein Ergebnis von erheblicher praktischer Bedeutung: mit hoher Wahrscheinlichkeit ist das Ausmaß der Seitendifferenz der Erregbarkeit und möglicherweise auch das Ausmaß des Richtungsüberwiegens vom Lebensalter abhängig. Gesunde mittleren Lebensalters wiesen signifikant geringere Seitendifferenzen auf als Kinder und alte Menschen. Der Fehler, der dadurch in unsere Untersuchung möglicherweise hineinspielt, ist jedoch wohl nur gering, denn 84 unserer 100 Gesunden waren zwischen 17 und 28 Jahre alt.

ROSSBERG (1964) berichtete über eine deutliche Reaktionsabnahme des Postrotatorius I mit zunehmendem Lebensalter (drei Gruppen à 20 Versuchspersonen zwischen 20 - 40, 40 - 60 und 60 - 80 Jahren) bei Auswertung der Parameter Gesamtamplitude, Gesamtschlagzahl und Reaktionsdauer.

Ähnliche Ergebnisse stellten MINNIGERODE und GROHMANN 1966 sowie MINNIGERODE, GROHMANN und VONTIN 1967 für die Gesamtamplitude des Per- und Postrotatorius dar. Für die Gesamtschlagzahl und die Reaktionsdauer konnten die genannten Autoren jedoch keine einfache Beziehung aufzeigen. Nach ihrer Ansicht bestehen für diese Parameter komplexere Zusammenhänge zwischen Lebensalter und Intensität eines experimentellen vestibulären Nystagmus.

Auf die Hypothesen zur Deutung dieser Befunde soll hier nicht näher eingegangen werden. Wir haben diese Befunde nur erwähnt, um zu erläutern, weshalb wir im Rahmen unserer Fragestellung das Lebensalter unserer Probanden mitberücksichtigt haben.

Besonderer Wert wurde auf die Ausschaltung pharmakologischer Einflüsse gelegt, die ja bekanntlich die Funktion des vestibulären Systems erheblich beeinflussen können. Dabei wurde nach folgendem besonders gefahndet:

a) Alkohol

Zahlreiche Autoren haben sich mit dem regelmäßig richtungswechselnden Alkohollagenystagmus beschäftigt (BERGSTEDT 1961, FREGLY et al. 1967, HEIFER 1969, RYBACK und DOWD 1970, NSAMBA et al. 1972, HILL et al. 1973, ÖDKVIST 1975), der auch bei Patienten differentialdiagnostisch immer in Betracht zu ziehen ist.

Darüberhinaus wissen wir heute, daß Alkohol die Intensität einer thermischen Nystagmusreaktion nur "verstärkt" (SCHWAB und EY 1955), solange die Fixation nicht ausgeschlossen ist. Alkohol beeinträchtigt nämlich das System von Nervenbahnen, die die Fixation ermöglichen, so daß ein experimenteller vestibulärer Nystagmus während Fixation weniger gehemmt wird. Prüft man unter Ausschluß der Fixation, so stellt man fest, daß Alkohol die Intensität einer Nystagmusreaktion abschwächt (SCHROEDER 1972).

b) Nikotin

Nikotin hat einen Einfluß auf verschiedene Parameter des experimentellen Nystagmus, wie TIBBLING und HENRIKSSON (1968) sowie TIBBLING (1969) nachweisen konnten. So verursachte Zigarettenrauchen direkt vor einer rotatorischen Prüfung einen Anstieg der Nystagmusfrequenz, eine intravenöse Injektion von Nikotin ergab das gleiche Bild. Ein Anstieg des CO-Hb nach Rauchen einer Zigarette ohne Nikotin veränderte nichts an dem Muster der vestibulären Reizantwort. Ein CO₂-Anstieg zog nur geringfügige Veränderungen nach sich, die der Nikotinwirkung konträr waren. Die Effekte wurden als Folge von Veränderungen der neuronalen Überleitung ("neuronal transmission") im vestibulo-okulären Reflexarm durch Nikotin interpretiert.

c) Coffein

Der schon von BOENNINGHAUS (1965) vermutete Einfluß auf die vestibuläre Reaktion wurde durch MÜLLER et al. (1973) experimentell bestätigt. Coffein führt zu einer Änderung des retino-okul-

lären Potentials. Uns erscheint die Wirkung von Coffein in üblicher Dosierung auf vestibuläre Reaktion noch nicht ganz erwiesen, wir haben jedoch sicherheitshalber diesen Faktor bei unseren Untersuchungen mitberücksichtigt (siehe Methodik).

d) Aminoglycosidische Antibiotika

Es ist allgemein bekannt, daß Streptomycin, Kanamycin, Gentamycin und zahlreiche weitere Antibiotika aus der Gruppe der Aminoglycoside eine toxische Wirkung einerseits auf das Sinnesepithel von Hör- und Gleichgewichtsorgan und andererseits sehr wahrscheinlich auch auf zentrale nervöse Strukturen im Hirnstamm besitzt. Dabei ist das Ausmaß der Läsion am Hör- und Gleichgewichtsorgan durch die einzelnen Aminoglycoside ganz unterschiedlich. Streptomycin z. B. schädigt zunächst die Rezeptorzellen des Vestibularorgans, erst später diejenigen des Cochlearapparates. Bei länger dauernder Applikation können diese aminoglycosidischen Antibiotika zu einem vollständigen Verlust der Erregbarkeit beider Vestibularorgane des Innenohres führen. Es kann eine sehr schwerwiegende Nebenwirkung moderner Arzneibehandlung, das sogenannte DANDY-SYNDROM, resultieren. Die Patienten schildern in typischer Weise, daß bei den kleinsten Erschütterungen sich die Umwelt auf und ab bewegt. Massive Gleichgewichtsstörungen, die nur geringfügig Tendenz zur Besserung aufweisen, und damit eine Invalidisierung sind die Folge.

e) Sedierende Pharmaka

Verständlicherweise verursachen auch sedierende Pharmaka eine Abschwächung des vestibulären Ny-stagmus, sowohl des experimentellen wie auch des spontanen. Wir sprechen von einem erniedrigten Vigilanzniveau. Im Schlaf verschwindet der vestibuläre Nystagmus sogar vollständig. Auch nicht sedierende "Antivertiginosa" (MULCH 1974, MULCH 1976) mindern die absolute Größe eines experimentellen Nystagmus.

Wie im Kapitel Methodik beschrieben, registrierten wir die Augenbewegungen bei geöffneten Augen in vollkommener Dunkelheit. Dieses Verfahren hat folgende Vorteile:

1. Bei geöffneten Augen sind die Ableitungen deutlich weniger durch Artefakte beeinträchtigt und damit besser auszuwerten, wie auch von anderen Autoren festgestellt wurde (KIRSTEIN und SCHÖPFER 1956, DECHER 1964 b).
2. Eine Nystagmushemmung durch Lidschluß, wie sie von MULCH und BONNER 1976 und BONNER 1977 berichtet wurde, wird vermieden.
3. Bei geöffneten Augen in vollständiger Dunkelheit bleiben Blickintention und Spähbewegungen erhalten, ein wichtiger Faktor zur Sicherung eines gleich hohen Vigilanzniveaus. ENG-Untersuchungen bei geschlossenen Augen ohne "störenden Lärm" in der Umgebung führen in viel größerem Maße dazu, daß der Proband während der langen Untersuchungszeit "einnickt". Dann aber resultiert eine schwache oder sogar fehlende Reizantwort bei einer

Spülung, die im Sinne einer Minder- oder Unerregbarkeit eines oder beider peripher-vestibulärer Systeme interpretiert wird.

Nachteil dieses Verfahrens ist lediglich, daß dafür gesorgt werden muß, daß der Patient in einem absolut dunklen Raum liegt. Der Elektronystagmograph kann also nur im Vor- oder Nebenraum stehen. Nicht in allen neuro-otologischen Laboratorien sind die Voraussetzungen dafür gegeben.

Wir haben es so gelöst, daß ein schwarzer, absolut lichtundurchlässiger Vorhang, der vollständig abschließt, den Patienten vom Nystagmographen trennt. Lediglich das Schreibpapier im Nystagmographen wird durch eine schwache Lampe erhellt.

Wir sind jedoch der Ansicht, daß die Vorteile der Registrierung mit geöffneten Augen in Dunkelheit diesen etwas größeren Aufwand rechtfertigen und befinden uns damit in Übereinstimmung mit zahlreichen namhaften Autoren (DECHER 1964, KORNHUBER 1972, HENRIKSSON et al. 1972, HOOD 1973). In zahlreichen Veröffentlichungen wurde nämlich darauf hingewiesen, wie sehr die Stärke einer Nystagmusreaktion von dem Vigilanzniveau abhängig ist (MAHONAY et al. 1957, COLLINS et al. 1961, COLLINS et al. 1962, Mc LAY 1962, ORMEROD 1964, BARBER und WRIGHT 1967, GILLINGHAM 1969, CLEMENT und OOSTERVELD 1970, TOROK 1970). Zur Konstanterhaltung eines gleichmäßig hohen Wachheitsgrades ließen wir deshalb darüberhinaus die Probanden während des Tests einfache Rechenaufgaben lösen. Deren Ausführung wurde vom Untersucher mehrfach kontrolliert, wie dies von verschiedenen Autoren empfohlen wurde (MAHONAY et al. 1957, COLLINS et al. 1961, COLLINS et al. 1962, SOKOLOVSKI 1966, GILLINGHAM 1969).

Dabei sind wir uns sehr wohl bewußt, daß Rechnen für verschiedene Probanden einen Weckeffekt unterschiedlicher Größe darstellt. (CLEMENT und OOSTERVELD 1970.) Andererseits erscheint uns unser Probandengut (zum größten Teil Studenten) hinsichtlich des Weckeffektes von seriellen Substruktionen vergleichsweise homogen.

Der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Spülungen betrug jeweils mindestens zehn Minuten, um eine Beeinflussung der folgenden Spülung durch die vorangegangene zu vermeiden (ISHIYAMA und KEELS 1970). KLEINFELDT und DAHL (1974) wiesen durch Thermo-Elemente, die im Rahmen von Tympanoplastiken bei Patienten von retroaurikulär eingelegt und für zwei Wochen belassen wurden, nach, daß eine Spülung des äußeren Gehörganges mit zwei ml Wasser einer Temperatur von 10°C eine Temperaturveränderung im Bereich des horizontalen Bogengangs hervorruft, die zwölf Minuten anhält, nach Spülung mit zwei ml Wasser von 20°C immer noch über acht Minuten besteht. Zwar verwendeten wir Wasser mit 44°C und 30°C , jedoch eine wesentlich größere Spülmenge (50 ml). Wie KLEINFELDT und DAHL (1970) beschrieben, geht die Intensität der nystagmischen Reaktion mit der Temperaturveränderung am horizontalen Bogengang parallel, die jüngsten Ergebnisse zeigen jedoch, daß die Ausgangstemperatur am Bogengangsapparat noch nicht erreicht sein muß, wenn der thermische Nystagmus sistiert.

Unter Berücksichtigung der Studien von MUNTHE FOG 1963 und NORTH 1965, die die Abhängigkeit der Größe des corneoretinalen Potentials von Licht und Dunkelheit untersuchten, hielten wir es für sinnvoll, die Kalibrierung mehrmals zu wiederholen und zur Auswertung das jeweilige arithmetische Mittel heranzuziehen. Zusätzlich war es oft möglich, eine während der Prüfung auftretende Störung des Aufzeichnungsgerätes frühzeitig zu erkennen.

Um die Augenbewegungen möglichst exakt aufzeichnen zu können, wählten wir eine relativ hohe Verstärkung (BOCHENEK et al. 1967).

Verfälschungen der Nystagmuskurve durch eine eventuell zu kurze Zeitkonstante des Wechselstromverstärkers wurden vermieden (unsere Zeitkonstante betrug 2,7 Sekunden).

Nicht zuletzt soll erwähnt werden, daß auf die Konstanterhaltung der Wassertemperaturen besonders sorgfältig geachtet wurde (JONGKEES 1953, ASCHAN 1955, KLEINFELDT und DAHL 1974). Ist doch die Spültemperatur neben dem Vigilanzniveau der wichtigste der Faktoren, die ausschlaggebend sind für die absolute Größe einer Nystagmusreaktion.

Die Tests fanden meist zur gleichen Tageszeit - am frühen Nachmittag - statt. Es ist ja durchaus vorstellbar, daß die Tageszeit Einfluß auf die Intensität einer Nystagmusreaktion nehmen kann, wenn auch bisher eine eindeutige Abhängigkeit von der Tageszeit unseres Wissens nicht nachgewiesen werden konnte (KUIPERS 1961, ECKEL et al. 1963).

B) Diskussion der Ergebnisse

1. Zum Ausmaß von Richtungsüberwiegen bei Gesunden

Eine der Fragestellungen unserer Untersuchung war, welches Ausmaß von Richtungsüberwiegen bei Gesunden anzutreffen ist und mit welcher Häufigkeit; oder anders formuliert: Ab welcher Größe sind wir berechtigt, von einem pathologischen Richtungsüberwiegen zu sprechen.

Unter Richtungsüberwiegen versteht man eine höhere Intensität des experimentellen Nystagmus nach einer Richtung unabhängig davon, welches Labyrinth erregt wird. Als "Nystagmusbereitschaft" war dieses Symptom schon Anfang dieses Jahrhunderts bekannt (KLEYN-VERSTEGH 1927). 1942 wurde von FITZGERALD und HALLPIKE der Begriff "directional preponderance" geprägt, der das gleiche beinhaltet. Das Richtungsüberwiegen, so wurde anfangs vermutet (FITZGERALD und HALLPIKE 1942), kann Ausdruck einer zentralvestibulären Störung sein. Heute wissen wir jedoch, daß es auch als Folge periphervestibulärer Läsionen beobachtet wird; dann nämlich, wenn sich die Erregbarkeit des peripheren Vestibularorgans wieder erholt hat, ein zentraler Ausgleich jedoch noch nicht vollständig stattgefunden hat. Damit hat das Richtungsüberwiegen seine ihm früher zugesprochene Bedeutung bei der Differentialdiagnose zentral- und periphervestibulärer Erkrankungen eingebüßt. Richtungsüberwiegen kommt allerdings in bestimmtem Ausmaß auch bei Gesunden vor (THOMSEN 1953, DECHER 1964 a, EVIATOR et al. 1970 u. a.). Manche Autoren gehen sogar so weit,

anzunehmen, daß es ein pathologisches Richtungsüberwiegen ohne einen pathologischen Spontan- oder Provokationsnystagmus überhaupt nicht gibt (COATS 1966).

Von verschiedenen Untersuchern wurde deutlich häufiger Richtungsüberwiegen nach links beobachtet (PETERMANN 1953, DECHER 1964, MILOJEVIC und WATSON 1965, BROOKLER 1970 u. a.). Dies konnte von HAMERSMA (1957), der sein Zahlenmaterial von 47 Gesunden statistisch sorgfältig analysierte und die Parameter Gesamtschlagzahl, Gesamtamplitude, maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase und Reaktionsdauer heranzog, nicht bestätigt werden. Auch an den Zahlenwerten unserer 100 Gesunden findet sich keine signifikante Bevorzugung einer Seite, betrachtet man die 100 Gesunden als ein Kollektiv.

Zieht man nur den Parameter maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase heran, so ergibt sich etwas häufiger ein Richtungsüberwiegen nach rechts (Medianwert - 3,2 %, Mittelwert - 3,6 %), wählt man den Parameter Gesamtschlagzahl, so findet sich geringfügig häufiger ein Richtungsüberwiegen nach links (Medianwert + 0,5 %, Mittelwert + 1,0 %). Keine Bevorzugung einer Richtung wurde ermittelt für die maximale Frequenz (Medianwert 0,0 %, Mittelwert 0,0 %).

Andere Verhältnisse liegen vor, wenn aus dem Gesamtkollektiv Untergruppen gebildet werden, je nachdem, ob ein Spontan- oder Lagenystagmus und nach welcher Richtung vorlag. Beim Vergleich der Zahlenwerte der Untergruppen Spontannystagmus nach

links mit denjenigen der Untergruppe Spontannystagmus nach rechts unterschieden sich 13 Meßgrößen mit $p < 0,05$ und drei weitere mit $p < 0,01$ signifikant (Tab. 2 a und 2 b). In allen Fällen stimmte die Richtung des Richtungsüberwiegens mit der Richtung des Spontannystagmus überein. Bei den Parametern, die die absolute Größe der Reaktion beschreiben, lagen jeweils die Werte der dem Spontannystagmus gleichgerichteten Reaktion signifikant höher als diejenigen in Gegenrichtung.

Unsere Befunde stützen also die verschiedentlich geäußerte Vermutung (DECHER 1964), daß das Richtungsüberwiegen Ausdruck eines manifesten oder latenten Spontannystagmus ist. In unserem Fall handelt es sich um einen physiologischen Spontannystagmus und ein physiologisches Richtungsüberwiegen.

Die bei unserer Untersuchung angegebenen Werte wurden ermittelt nach einer unseres Wissens erstmals von JONGKEES et al. (1962) beschriebenen Formel, einer Formel, die in zahlreichen Kliniken (PFALTZ und GULICK 1962, VISSER 1963, COATS 1965, EVIATOR et al. 1970, 1971, BARBER et al. 1971, HENRIKSSON et al. 1972, COLES und SNASHALL 1973 u. a.) wie auch bei uns seit Jahren verwendet wird. Die Formel wurde entsprechend dem Vorschlag von HENRIKSSON et al. (1972) geringfügig modifiziert (siehe hierzu Kapitel Methodik).

Aus der Tabelle in Abbildung 3 geht nun zum Beispiel hervor, daß 3 % unserer Gesunden ein Richtungsüberwiegen nach rechts von mehr als 37 %

(Parameter: Maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase) aufweisen (94 % Interquantilbereich) sowie 3 % unserer Probanden ein Richtungsüberwiegen von mehr als 29 % nach links. Bei Heranziehung des Parameters maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/ 10 Sek. besitzen 5 % der Gesunden unserer Untersuchung ein Richtungsüberwiegen nach rechts von mehr als 26 % und 5 % ein Richtungsüberwiegen nach links von mehr als 28 %. Dies bedeutet also, daß ein Richtungsüberwiegen nach rechts bei einem Patienten im Alter zwischen 15 und 40 Jahren, welches größer als 37 % ist (Parameter maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/10 Sekunden) mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 3 % pathologisch ist, ein Richtungsüberwiegen nach rechts zwischen 26 und 37 % mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Für den Parameter maximale Frequenz/10 Sek. wurde ein deutlich geringeres Ausmaß von Richtungsüberwiegen ermittelt. Hierbei besitzen 3 % der Gesunden ein Richtungsüberwiegen nach rechts von nur mehr als 21 % und 3 % ein Richtungsüberwiegen nach links von lediglich mehr als ebenfalls 21 %, 5 % ein Richtungsüberwiegen nach rechts von mehr als 19 % und 5 % ein solches nach links von mehr als 18 %. Wie unterschiedlich die Zahlenwerte für die verschiedenen Parameter sind, ist der Abbildung 3 zu entnehmen. Hier sind nicht nur der Mittelwert und die Standardabweichung sondern auch der Medianwert und die Interquantilbereiche für 80, 90, 94 und 100 % übersichtlich dargestellt.

Das Ausmaß von Richtungsüberwiegen bei Gesunden mit der von uns angewandten Methodik ist für die Parameter maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase und maximale Amplitude, jeweils pro 10 Sekunden und die Gesamtschlagzahl deutlich größer als für den Parameter maximale Frequenz/10 Sek. Diese Werte an Gesunden müssen als Grundlage für die Beurteilung dienen, wie "empfindlich" die verschiedenen Nystagmusparameter ein Richtungsüberwiegen bei Patienten anzeigen.

Die Art unserer Auswertung nach der oben zitierten Formel trägt den extravestibulären Faktoren Rechnung, die die absolute Größe einer Reizantwort mitbeeinflussen, und die wir in der Einleitung ausführlich geschildert haben. Das Verfahren bezieht deshalb das Ausmaß des Richtungsüberwiegens nicht auf absolute Werte, sondern auf die Stärke der Gesamtreaktion.

COATS (1965) berichtet, daß 17,5 % von 37 Gesunden ein Richtungsüberwiegen von 20 % und mehr für die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase, berechnet nach der von JONGKEES et al. 1962 angegebenen Formel, besaßen (Registrierung bei geschlossenen Augen). Diese Angaben stimmen in der Größenordnung recht gut mit den von uns ermittelten Werten überein. 20 % unserer 100 Gesunden besaßen ein Richtungsüberwiegen (Parameter: Maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/10 Sek.) von ≥ -26 bzw. $+19$ % (80 % Interquantilbereich).

Die Angaben von DECHER (1964), daß sieben von 106 Gesunden ein Richtungsüberwiegen zwischen 10 und 36 % aufwiesen, sind nicht mit unseren Werten ver-

gleichbar. Denn einmal gab er nur die Werte für die Nystagmusedauer an (für die Reaktionsdauer wurde von uns das Richtungsüberwiegen in Prozent nicht bestimmt, da von uns nur maximal 240 Sekunden registriert wurde), zum anderen bezog er offenbar seine Differenz der rechts- und linksgerichteten Nystagmusreaktion nicht auf die Stärke der Gesamtreaktion.

Auch THOMSEN (1953) bestimmte an 50 Gesunden allein die Nystagmusedauer. Seine Werte für das Richtungsüberwiegen in Prozent sind darüberhinaus nicht auf die Größe der Gesamtreaktion bezogen.

Von JONGKEES, MAAS und PHILIPSZON (1962) und JONGKEES und PHILIPSZON (1964) wurde ein Richtungsüberwiegen, gemessen an der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase, als signifikant angesehen, wenn es $\pm 18\%$ überstieg (Registrierung bei geschlossenen Augen, 47 Gesunde). Nach ihren Untersuchungen stellte das den Wert der zweifachen Standardabweichung nach jeder Seite dar. Mit diesen Angaben stimmen unsere Werte schlecht überein. Bei der von uns gewählten Technik lag der Mittelwert für die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/10 Sek. bei $-3,6\%$, die einfache Standardabweichung nach jeder Seite bei $\pm 18\%$ (Abb. 3). Die Werte an unseren Gesunden streuen also weit stärker als die von JONGKEES und Mitarbeiter ermittelten. Darüberhinaus stellt die Angabe der Standardabweichung unseres Erachtens eine zu grobe Vereinfachung dar, weil keine Normalverteilung vorliegt. Unsere Werte des 94 %-Interquantilbereiches liegen zwischen -37 und $+29\%$ (Abb. 3). PFALTZ und GULICK (1962) und PFALTZ (1965)

gaben als Grenzwert zwischen physiologischem und pathologischem Richtungsüberwiegen, errechnet nach der auch von uns benutzten Formel, für die Reaktionsdauer 17 %, die Gesamtschlagzahl 37 %, die maximale Frequenz 30 % und die maximale Amplitude 50 % (20 Gesunde, Photo-Elektro-Nystagmographie, TC 0,1 Sekunde, Papiergeschwindigkeit 0,6 mm/Sek.) an. In einer neueren Veröffentlichung wird von PFALTZ (1974) für ein pathologisches Richtungsüberwiegen mindestens 30 % (maximale Frequenz) bzw. 45 % (maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase) gefordert. Die von HENRIKSSON et al. (1972) aufgeführten Werte sind praktisch identisch mit denjenigen von PFALTZ und GULICK (1962), PFALTZ (1965) und PFALTZ (1974) und beruhen offenbar auf den gleichen Quellenangaben. Die Kriterien, aufgrund derer diese Werte als Grenzwerte verwendet werden, gehen aus den Veröffentlichungen nicht hervor, vermutlich handelt es sich jedoch um $m \pm 2 s$ von Gesunden.

Die oben genannten Grenzwerte für die maximale Frequenz von 30 % liegen wesentlich höher als die Werte unseres 94 %-Interquantilbereichs (± 21 %). Auch unser Wert für den 94 %-Interquantilbereich der maximalen Amplitude ($- 28$ und $+ 32$ %) ist wesentlich kleiner als der oben genannte Grenzwert für die maximale Amplitude (50 %). Ebenso sind die von uns berechneten Zahlenwerte des 94 %-Interquantilbereichs für die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase (zwischen $- 37$ % und $+ 29$ %) wesentlich niedriger als der oben von PFALTZ (1974) genannte (45 %). Die erheblichen Unterschiede sind nicht ganz verständlich, mögen

aber zumindest zum Teil in den verschiedenen grossen Kollektiven, der unterschiedlichen Registrier-technik (PENG-ENG), der sehr verschieden langen Zeitkonstante (0,1 Sek. gegen 2,5 Sek.) und verschiedener Papiergeschwindigkeit (0,6 mm/Sek. gegenüber 10 bzw. 12,5 mm/Sek.) begründet sein. Sie sind möglicherweise jedoch auch durch ein unterschiedliches Lebensalter der Gesunden in verschiedenen Kollektiven bedingt.

Die Befunde von MULCH und PETERMANN (1977) sprechen dafür, daß das Ausmaß von Seitendifferenz und eventuell auch von Richtungsüberwiegen vom Lebensalter abhängig ist. Unsere Werte für das Ausmaß von Richtungsüberwiegen bei Gesunden in Prozent der Gesamtreaktion liegen demnach zwischen den Werten von JONGKEES und PHILIPSZON und denjenigen von PFALTZ (1965, 1974).

2. Zum Ausmaß von Seitendifferenz bei Gesunden

Nirgendwo im lebenden Organismus ist eine absolute Symmetrie zwischen rechts und links festzustellen. Dies gilt sowohl für die Morphologie wie die Funktion. So besteht zum Beispiel normalerweise eine gewisse Asymmetrie der rechten und linken Gesichtshälfte, durch Photomontage hergestellte absolut symmetrische Gesichter werden als künstlich empfunden. Als Beispiele für die Asymmetrie der Funktion seien nur erwähnt, daß zum Beispiel eine gewisse Differenz beim Excitability-Test des N. facialis, bei der Elektrogustometrie (N. intermedius) und beim SCHIRMER-Test (N. trigeminus) als normal anzusehen ist. Ebenso fehlt auch in der Regel eine exakt gleichstarke Reizantwort auf thermischen Reiz rechts und links. Sie ist auch aufgrund der nicht identischen anatomischen Verhältnisse rechts und links, wie zum Beispiel unterschiedlich ausgebildeter Pneumatisation und nicht ganz in gleicher Ebene befindlicher horizontaler Bogengänge (BLANKS et al. 1975) gar nicht zu erwarten.

Wie aus unserer Tabelle in Abbildung 3 hervorgeht, besteht darüberhinaus aber auch ein unterschiedlich großes Ausmaß der Seitendifferenz in Prozent der Größe der Gesamtreaktion für die verschiedenen Nystagmusparameter, analog den Werten für das Richtungsüberwiegen. Die Parameter, die bei unseren Gesunden am stärksten streuen, sind die maximale Amplitude und die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase, deutlich geringer ist die Seitendifferenz, wählt man die Parameter maximale Frequenz und Gesamtschlagzahl.

Der von PFALTZ (1965, 1974) aufgrund von photoelektronystagmographischen Registrierungen angegebene Grenzwert für die physiologische Seitendifferenz in Prozent ($m \pm 2$ s) gemessen an der Gesamtschlagzahl, von 25 bzw. 26 % stimmt gut mit den jetzt von uns an 100 Gesunden berechneten Werten überein. Unser 94 %-Interquantilbereich liegt zwischen - 21 % und + 24 %.

In etwa der gleichen Größenordnung befindet sich auch der Grenzwert von PFALTZ (1965, 1974) für die maximale Frequenz von 25 % und unser 94 %-Interquantilbereich zwischen - 16 und + 21 %. Weniger gut stimmen die Angaben von PFALTZ (1974) hinsichtlich des Grenzwerts der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase von 15 % mit unserem 94 %-Interquantilbereich überein (- 32 % bis + 40 %). Leider finden sich bei PFALTZ (1974) keine Angaben, mit welcher Methode - ENG oder PENG - und an wievielen Gesunden welchen Lebensalters der Wert von 15 % ermittelt wurde, oder ob er möglicherweise sich auf Befunde von JONGKEES und PHILIPSZOON (1964) stützt. JONGKEES und PHILIPSZOON (1964) bestimmten als Grenzwert für das Ausmaß der Seitendifferenz in Prozent ($m \pm 2$ s) an 47 Gesunden für die Parameter maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase ± 15 %. Die Zahlenwerte unseres 94 %-Interquantilbereichs (Abb. 3) mit Werten zwischen - 32 % und + 40 % sind mehr als doppelt so groß. Diese erhebliche Diskrepanz ist nicht ganz verständlich, mag aber zumindest zum Teil aus den unterschiedlich grossen Kollektiven, den verschiedenen Ableitungsmodi (JONGKEES und PHILIPSZOON: Geschlossene Augen, wir: Geöffnete Augen in Dunkelheit) und unterschiedlichem Lebensalter der Untersuchten resultieren.

Die hier wiedergegebenen Befunde unterstreichen die Notwendigkeit möglichst einheitlicher Methodik von Untersuchung und Auswertung der Elektornystagmogramme. Solange dies nicht der Fall ist, sind Mitteilungen aus verschiedenen Kliniken kaum vergleichbar.

3. Zur Aussagekraft absoluter Normwerte bei der Beurteilung der thermischen Vestibularisprüfung

Wie schon bei der Diskussion unserer Methodik ausgeführt, ist die absolute Stärke einer nystagmischen Reizantwort von zahlreichen extravestibulären Einflüssen abhängig, wobei der Wachheitsgrad, das sogenannte Vigilanzniveau, den wesentlichsten Faktor darstellt. Aber auch das Lebensalter sowie die anatomischen Verhältnisse, nämlich zum Beispiel das Ausmaß der Felsenbein-Pneumatisation und die intra- und interindividuell etwas unterschiedlichen Ebenen, in denen sich die Bogengänge befinden (BLANKS et al. 1975), bedingen die weit streuenden Werte von Nystagmusparametern, selbst bei echt quantitativ appliziertem Reiz.

In diesem Zusammenhang sind auch die Unterschiede der Absolutwerte zwischen der Gruppe der Probanden, die vier und mehr Tassen Kaffee pro Tag tranken und der Gruppe mit geringerem oder gar keinem Kaffeegehalt interessant.

Es ist unwahrscheinlich, daß diese Differenzen zufällig zustandegekommen sind, denn es differieren 18 von 48 Parametern, davon neun Meßgrößen mit $p < 0,01$, die restlichen neun mit $p < 0,05$. Es unterschieden sich 14 von 32, also fast die Hälfte der Parameter, die die absolute Größe der Reaktion beschreiben, vor allem die maximale Amplitude, wo sämtliche Werte bei Probanden mit reichlichem Kaffeegehalt niedriger lagen. Weitere gezielte Untersuchungen werden klären müssen, ob Kaffee einen Einfluß auf die Stärke der Nystagmusreaktion nimmt und ob die verschiedenen Nystagmusparameter in

gleicher oder in unterschiedlicher Weise davon betroffen sind. Demgegenüber erscheinen die Unterschiede bei nur jeweils zwei von 48 Parametern zwischen Frauen mit und ohne Antikonzeptiva, Rauchern und Nichtrauchern und Probanden mit und ohne Otitis media als Kind zufällig. Das Signifikanzniveau beträgt auch nur 5 %.

Da die intraindividuellen Schwankungen, wie allgemein bekannt ist, jedoch wesentlich geringer sind als die interindividuellen (MITTERMAIER und CHRISTIAN 1954), erscheinen uns zur Beantwortung der Frage, ob bei einem bestimmten Individuum eine pathologische Seitendifferenz der Erregbarkeit oder ein pathologisches Richtungsüberwiegen vorliegt, Relativwerte am besten geeignet. Wir befinden uns damit in Übereinstimmung mit einer ganzen Reihe von Autoren (BARBER et al. 1971, BRUNER und NORRIS 1971, COATS 1965, DECHER 1964, EVIATOR et al. 1970, 1971, GRAMOWSKI und UNGER 1973, GRAMOWSKI et al. 1967, GULICK und PFALTZ 1964, HALLPIKE 1955, JONGKEES 1953, JONGKEES et al. 1962, JONGKEES und PHILIPSZON 1964, KOCH et al. 1959, NORRÉ 1974, PFALTZ 1965, 1974, PFALTZ und GULICK 1962, VISSER 1963).

Nun wurden aber in jüngster Zeit von CLAUSSEN (1969, 1970, 1971) Normwerte in Form der einfachen Standardabweichung des an einer größeren Zahl von "Routinepatienten" ermittelten Mittelwertes für den Parameter maximale Nystagmusfrequenz/30 Sek. vorgeschlagen. Unter diesen "Routinepatienten" befanden sich zahlreiche Patienten mit vestibulären Schwindelbeschwerden, also mit

Erkrankungen des peripheren oder zentralen vestibulären Systems. Die an ihnen ermittelten Meßwerte können unserer Ansicht nach kaum als Norm dienen, um physiologische und pathologische Reizantworten zu differenzieren. Wir haben deshalb anhand der an unseren Gesunden berechneten Werte nochmals nach den Angaben von CLAUSSEN ein "Schmetterlings-schema" erstellt, um zu prüfen, ob dieses Verfahren tatsächlich geeignet ist, eine Läsion im Bereich des vestibulären Systems zu diagnostizieren. Die Unterschiede in der Methodik - CLAUSSEN verwendete statt 50 ml Wasser 20 ml Wasser und registrierte mit geschlossenen Augen ohne Durchführung von Rechenaufgaben, während wir zur optimalen Aufrechterhaltung des Wachheitsgrades mit geöffneten Augen und Durchführung kontrollierter Rechenaufgaben aufzeichneten - sind gering. Wir verwendeten 50 ml Wasser und registrierten mit geöffneten Augen entsprechend den Standardisierungsvorschlägen von HENRIKSSON et al. (1972). Aufgrund der im Kapitel Ergebnisse mitgeteilten Befunde erscheint das Schmetterlingsschema nicht geeignet, physiologische von pathologischen Reizantworten zu unterscheiden. Zu viele Zahlenwerte unserer Gesunden lagen außerhalb des vermuteten "Normbereichs". Darüberhinaus wiesen 16 der 100 Gesunden Schmetterlingsmuster auf, wie sie von CLAUSSEN für verschiedene vestibuläre Störungen als typisch beschrieben wurden. Außerdem ist auch theoretisch aufgrund der Einflüsse extravestibulärer Faktoren, die auf die Stärke der nystagmischen Reaktion Einfluß nehmen, gar nicht zu erwarten, daß dieses Schema die Differenzierung

physiologischer - pathologischer Untersuchungsergebnisse leisten kann. Die Abbildung 19 zeigt, daß die Fehlerquote der Beurteilung, ob eine pathologische Seitendifferenz oder ein pathologisches Richtungsüberwiegen vorliegt, weit kleiner in dem Augenblick ist, wo Relativwerte Anwendung finden, die interindividuellen Unterschiede somit gar nicht erst in die Bewertung eingebracht werden.

Dennoch sind Absolutwerte für die Größe der Reizantworten dann erforderlich, wenn es darum geht, ob eine beiderseitige Erregbarkeitsminderung (zum Beispiel als Folge toxischer Schädigung durch Pharmaka, bei Verdacht auf beidseitiges Akustikusneurinom oder bei beidseitiger progressiver Schallempfindungsschwerhörigkeit) vorliegt. Hier erscheint nur die einfache (ARSLAN 1957, CLAUSSEN 1969, 1970, 1971) oder doppelte Standardabweichung (RUBINSTEIN et al. 1976) eines statistisch erhobenen Mittelwertes einer größeren Zahl von Gesunden eine sehr willkürliche Grenzziehung. Die Angabe von Interquantilbereichen, wie sie überall in der Biologie Anwendung finden, sind dazu besser geeignet (Abbildung 2 und Tabelle 1); vor allem auch deshalb, weil in der Regel, wie auch unsere Untersuchungen erbracht haben, bei biologischen Meßwerten keine Normalverteilung vorliegt (Abbildungen 16 und 17). Darüber hinaus ist anhand von Interquantilbereichen gegenüber Werten für die einfache oder doppelte Standardabweichung besser einzuschätzen, mit welcher Häufigkeit gemessene Werte bei Gesunden anzutreffen sind.

4. Zur Frage der Normalverteilung der Meßwerte bei der thermischen Prüfung

Von zahlreichen Autoren sind Mittelwerte und Standardabweichungen für Parameter bei der thermischen Prüfung zur Grenzziehung zwischen physiologischen und pathologischen Reizantworten angegeben worden (ARSLAN 1957, CLAUSSEN 1969, RUBINSTEIN et al. 1976, THOMSEN 1953). Andererseits liegt bei vielen Meßwerten in der Biologie keine Normalverteilung der Werte, also keine Kurve entsprechend einer GAUSS'schen Verteilung vor. Wie Abbildung 16 und 17 beispielhaft für die maximale Frequenz/10 und 30 Sek., maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/10 und 30 Sek., die maximale Amplitude/10 Sek. und die Gesamtschlagzahl zeigen, trifft dies auch für die von uns erhobenen Werte bei der thermischen Prüfung zu. Läge eine Normalverteilung vor, so würden die Häufigkeitssummen bei Eintragung in das Wahrscheinlichkeitsnetz eine Gerade ergeben. Dies ist aber, wie die Abbildungen 16 und 17 dokumentieren, nicht der Fall. Deshalb ist die Angabe einer Standardabweichung nicht zutreffend. Wir haben aufgrund dieser Befunde die Erstellung von Interquantilbereichen vorgezogen.

In einem Interquantilbereich von 90 % zum Beispiel sind 90 von 100 um den Medianwert gruppierte oder dem Medianwert am nächsten liegende Werte eingeschlossen; anders ausgedrückt: Ein außerhalb dieses Bereichs liegender Zahlenwert wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 % bei einem Kollektiv von Gesunden, das unserem ent-

spricht, angetroffen, mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % ist er pathologisch. Interquantilbereiche sind heute in der Medizin allgemein gebräuchlich (GEIGY-Tabellen).

Zu der Frage, ob die Zahlenwerte der thermischen Prüfung an größeren Kollektiven von Gesunden normal verteilt sind, finden sich in der Literatur nur spärliche Angaben. So ging THOMSEN (1953) nach Untersuchung von 50 Gesunden von einer Normalverteilung aus und gab deshalb auch die zweifache Standardabweichung der Differenz der Reizantworten von rechts und links als Grenze des Normalen an. Aus den Graphiken in seiner Veröffentlichung geht jedoch hervor, daß keine echte Normalverteilung vorlag.

Bei HINCHCLIFFE (1967 a) ergab sich erst dann eine Normalverteilung seiner Werte für die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase an Gesunden, nachdem er eine logarithmische Transformation vorgenommen hatte.

DAYAL et al. (1973) fanden keine Normalverteilung der Erregbarkeitsdifferenz in Prozent.

Bei der statistischen Analyse ihrer Ergebnisse der thermischen Prüfung an 20 Gesunden kamen BRASK und FALBE-HANSEN (1974) Zweifel, ob die Zahlenwerte der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase normal verteilt waren. Entsprechend dem Vorgehen von HINCHCLIFFE (1967 a) bildeten sie deshalb den Logarithmus ihrer Originalwerte. Danach lag eine Normalverteilung vor. Die Reaktionsdauer sei auch ohne logarithmische Transformation normal verteilt gewesen.

REKER (1976) schilderte im Rahmen einer Diskussionsbemerkung, daß auch er keine Normalverteilung der Werte bei der thermischen Prüfung gefunden habe.

5. Zur Möglichkeit einer Grenzziehung zwischen physiologischen und pathologischen Testergebnissen

Als Grenze des "Normalen" wurde von CLAUSSEN 1969 die einfache Standardabweichung um einen statistisch an einer größeren Zahl von "Routinepatienten" erhobenen Mittelwert jeder einzelnen Spülung, von einigen anderen Autoren die zweifache Standardabweichung nach jeder Seite bei Gesunden ermittelt (RUBINSTEIN et al. 1976). Weitere Autoren schlugen die doppelte Standardabweichung der in Absolutzahlen bestimmten Differenz der Reizantworten beider Seiten zur Erfassung einer einseitigen Mindererregbarkeit, derjenigen der nach rechts und nach links gerichteten Reizantworten zur Erkennung eines pathologischen Richtungsüberwiegens vor (THOMSEN 1953, STAHL 1958, HAMERSMA 1957, HINCHCLIFFE 1967 a, BARBER et al. 1971).

In jüngerer Zeit wurde die doppelte Standardabweichung der mittleren Seitendifferenz bzw. des mittleren Richtungsüberwiegens in Prozent der Gesamtreaktion als Grenze des Normalen verwendet (JONGKEES et al. 1962, PFALTZ und GULICK 1962, HENRIKSSON et al. 1972 u. a.).

Unserer Ansicht nach bleiben dabei jedoch zwei wesentliche Tatsachen unberücksichtigt.

- a) Nach den statistischen Ergebnissen unserer Untersuchung an 100 Gesunden liegt für die gemessenen Originalwerte keine Normalverteilung vor. Die Angabe einer Standardabweichung ist somit nicht zutreffend. Wie groß der Fehler bei Verwendung von Standardabweichungen ist, geht aus den Tabellen in Abbildung 3 und 4 hervor. So

müßten die Zahlenwerte für die obere und untere Grenze der Interquantilbereiche identisch sein, läge eine Normalverteilung vor. Die Zahlenwerte weichen jedoch zum Teil erheblich voneinander ab. So liegt zum Beispiel der 90 %-Interquantilbereich für die Seitendifferenz in Prozent der Gesamtreaktion, gemessen an der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase/30 Sek. (Abb. 4), zwischen - 27 und + 36 %. Es ist bei der großen Zahl der von uns untersuchten Gesunden eher unwahrscheinlich, daß dieser Unterschied allein zufällig ist. Wahrscheinlicher ist, daß er in unserer Untersuchungsanordnung begründet ist, vor allem der Reihenfolge unserer Spülungen: Rechts 44°C, links 44°C, links 30°C, rechts 30°C. Da wir jedoch bei allen Vestibularisprüfungen an Patienten in dieser Reihenfolge spülen, erscheint uns die Heranziehung der Interquantilbereiche von Gesunden verlässlicher als die Verwendung von Standardabweichungen, wenn es um die Beurteilung des Ergebnisses einer thermischen Prüfung geht.

- b) Das oben genannte Verfahren, nämlich eine Grenzziehung in Form einer Standardabweichung, stellt eine willkürliche Maßnahme dar. In diesem Punkt stimmen wir auch mit DECHER (1964) überein. In die Beurteilung, ob das Ergebnis einer thermischen Prüfung noch physiologisch oder schon pathologisch ist, sollte die gesamte klinische Information mit eingehen: Also die Schwindelanalyse, das Ergebnis der Fahndung nach Spontan- und Provokationsnystagmus unter der FRENZEL-Brille, die Prüfung auf Blickrichtungsny-

stagnus in den fünf Hauptblickrichtungen und das Ergebnis der vestibulospinalen Tests. Zur Abschätzung, wie oft eine bestimmte Seitendifferenz oder ein bestimmtes Richtungsüberwiegen, bezogen auf die Stärke der Gesamtreaktion, bei Gesunden vorkommt, erscheinen uns unter Berücksichtigung extravestibulärer Faktoren und statistischer Befunde (Fehlen der Normalverteilung) allerdings Interquantilbereiche als eine sinnvolle Handhabe, das Ergebnis der Prüfung besser einschätzen zu können. So ist zum Beispiel aus den Tabellen in Abbildung 3 und 4 direkt ablesbar, wie oft eine Seitendifferenz von x Prozent bei Gesunden anzutreffen ist.

Abbildung 20 und 21 verdeutlichen das Vorgehen. Hier sind die Zahlenwerte für die Seitendifferenz in Prozent der Gesamtreaktion (Abb. 20: Maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/10 Sek., Abb. 21: Maximale Frequenz/10 Sek.) nach fallender Größe geordnet dargestellt. Die zur X-Achse waagrecht verlaufenden Markierungen, mit 94, 90 und 80 beschriftet, stellen die Interquantilbereiche dar. Aus den Abbildungen ist eindrucksvoll abzulesen, wie unterschiedlich groß die Differenz der Erregbarkeit zwischen rechts und links bei Gesunden angetroffen wird.

Anhand der Tabelle in Abbildung 2 ist zu sehen, wie oft eine besonders schwache oder besonders starke Reaktion bei der von uns angewandten Methodik bei Gesunden festgestellt wird. Ersteres ist relevant, wenn es um die Frage einer beiderseitigen Mindererregbarkeit, zum Beispiel durch ototoxische Pharmaka, geht.

6. Zur Wahl der Intensitätsparameter bei der Auswertung des thermischen Nystagmus

Wird der thermische Nystagmus ohne Hilfsmittel oder mit der FRENZEL-Brille beobachtet, so gibt es kaum Meinungsverschiedenheiten darüber, welche Parameter auszuwerten sind. Denn nur die Latenzzeit, die Reaktionsdauer und die Gesamtschlagzahl, evtl. die Schlagzahl in einer bestimmten Zeiteinheit, können zahlenmäßig erfaßt werden.

Anders verhält es sich, wenn der thermische Nystagmus elektro- oder photoelektronystagmographisch aufgezeichnet wird. Dann wird die Gesamtamplitude, die maximale Amplitude und die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase einer exakten Auswertung zugänglich.

Zahlreiche Autoren haben darauf hingewiesen, daß man sich nicht mit der Bestimmung eines einzelnen Parameters begnügen sollte (MITTERMAIER und CHRISTIAN 1954, MITTERMAIER 1955, PFALTZ und GULICK 1962, DECHER 1965, MULCH 1973, MINNIGERODE 1974, EMAMI-NOURI 1974, GROHMANN 1975). Nur ist allerdings nach wie vor offen, welche Parameter einzeln oder gemeinsam zur Beurteilung des Nystagmusvorganges herangezogen werden sollten (MINNIGERODE 1974).

Wir haben deshalb untersucht, welche Korrelationen zwischen den einzelnen Nystagmusparametern bestehen. Eine gewisse Entscheidungshilfe dahingehend, welcher oder welche Parameter diejenigen der Wahl sein sollten, kann schon das Verhalten der Parameter bei Gesunden liefern. Seine Kenntnis ist darüberhinaus die Voraussetzung dafür,

daß an Patienten mit definierten Krankheitsbildern überprüft werden kann, in welcher Weise sich die Parameter dort verändern bzw. welche Parameter am besten in der Lage sind, Läsionen innerhalb des vestibulären Systems aufzuzeigen. Vorstellbar ist ja durchaus, daß sich verschiedene Parameter unterschiedlich verhalten.

Unsere Untersuchungsbefunde, die im einzelnen im Abschnitt Ergebnisse wiedergegeben sind, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- a) Zumindest bei Gesunden ist ein Zeitintervall von 10 Sekunden ausreichend zur Bestimmung der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase und der maximalen Frequenz. 11 von 12 Korrelationskoeffizienten zwischen den pro 10 und pro 30 Sekunden berechneten Werten liegen höher als $r = 0,96$.
- b) Zwischen der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase und der maximalen Amplitude, sowohl pro 10 wie auch pro 30 Sekunden, besteht ebenfalls eine so enge Beziehung (r immer größer als 0,75), daß es zuverlässig genug erscheint, einen der beiden Parameter zu erfassen.
- c) Auch zwischen der maximalen Frequenz pro 10 und pro 30 Sekunden und der Gesamtschlagzahl wurden die Korrelationskoeffizienten bei sieben von acht Werten oberhalb von $r = 0,76$ ermittelt. In der Praxis genügt es also, einen der beiden Parameter zu bestimmen.

d) Zwischen der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase und der maximalen Amplitude einerseits und der maximalen Frequenz und Gesamtschlagzahl andererseits findet sich eine signifikante Korrelation ($p < 0,01$). Die Korrelationskoeffizienten sind jedoch erheblich kleiner, so z. B. zwischen der maximalen Frequenz/10 Sek. und der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase/10 Sek. zwischen 0,45 und 0,59, zwischen der Gesamtschlagzahl und der maximalen Amplitude/10 Sek. zwischen 0,29 und 0,38, zwischen der maximalen Frequenz/10 Sek. und der maximalen Amplitude/10 Sek. zwischen 0,33 und 0,45 (Abb. 5).

Um besser zu veranschaulichen, was ein hoher und ein niedriger Korrelationskoeffizient besagt, ist in Abbildung 22 der Koeffizient $r = 0,89$ zwischen der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase/10 Sek. und der maximalen Amplitude/10 Sek. der Warmspülung rechts wiedergegeben, in Abbildung 23 der Koeffizient $r = 0,35$ zwischen der Gesamtschlagzahl und der maximalen Amplitude/10 Sek. der Warmspülung rechts. Ein hoher Korrelationskoeffizient beinhaltet also, daß in großer Annäherung der Zahlenwert des einen Parameters berechnet werden kann, wenn der andere bekannt ist.

Wie unter d) oben dargestellt, sind also die Werte der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase und der maximalen Amplitude einerseits und diejenigen der Gesamtschlagzahl und der maximalen Frequenz andererseits wesentlich weniger eng korreliert (siehe Abb. 23). Sollten bei Patienten mit definierten Krankheitsbildern entsprechende Ergebnisse ermittelt werden, so sollte aus jeder Gruppe

ein Parameter bestimmt werden und sich die Beurteilung der Elektronystagmogramme auf beide stützen.

- e) Zwischen sämtlichen oben genannten Parametern und der Nystagmusdauer ergaben sich Korrelationskoeffizienten, die weit niedriger als alle übrigen anzutreffen waren. Da die Aussagekraft der oben genannten Parameter außer Zweifel steht, ist daraus nur die Schlußfolgerung zu ziehen, daß die Reaktionsdauer der am wenigsten empfindliche Parameter ist.

Unsere Ergebnisse stimmen recht gut überein mit den theoretischen Überlegungen von TIETZE (1969), der die Frage aufwarf, ob nicht bestimmte Parameter bereits von der Struktur der Nystagmuskurve her in gewissen Relationen zueinander stehen und andere unabhängig voneinander sind. So stellte er heraus, daß die Schlagzahl ja nicht notwendigerweise mit der Amplitude und der Geschwindigkeit der langsamen Phase verknüpft ist, daß aber aufgrund theoretischer Überlegungen die Amplitudensumme in einem Intervall sich in sehr enger Beziehung zur mittleren Geschwindigkeit der langsamen Phase befindet und als gleichwertig zur Beurteilung einer Nystagmuskurve herangezogen werden könne. Diese Feststellungen wurden unter der Voraussetzung getroffen, daß es sich um eine sägezahnähnliche Kurve handelt, daß also keine Nystagmuspausen vorliegen. Dies entspricht allerdings nicht immer der Realität.

Unseren Befunden widersprechen auch nicht Ergebnisse von GROHMANN (1975), der eine Theorie, allerdings nicht des thermischen, sondern des Drehnystagmus aufstellte. Er führte aus, daß vestibuläre Reaktionen vollständig nur mit zwei Nystagmusfunktionen, nämlich einer solchen für die Gesamtamplitude der langsamen Phasen und einer für die Frequenz beschrieben werden können. Gesamtamplitude und Frequenz (MINNIGERODE et al. 1967) seien voneinander unabhängige Größen. Ob diese Theorie auch volle Gültigkeit für den thermischen Nystagmus besitzt, erscheint noch offen.

PFALTZ (1974) hält die maximale Frequenz und die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phasen für die exaktesten Parameter, wobei die Frequenz aber den funktionellen Zustand nicht ganz in gleichem Ausmaß widerspiegle wie die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phasen.

Schon VEITS (1928), FRENZEL (1943) und MITTERMAIER und CHRISTIAN (1954) wußten, daß die Reaktionsdauer als wesentlich weniger empfindliches Maß des Reizeffektes anzusehen ist als Schlagzahl und Schlagweiten.

FITZGERALD und HALLPIKE (1942) bestimmten in erster Linie die Dauer der Reaktion, nichtsdestoweniger sei jedoch auch die Bestimmung der Lebendigkeit ("Briskness") nützlich gewesen. Auch eine kleine Differenz der Dauer wurde von ihnen als signifikant angesehen, wenn eine deutliche Differenz der Lebendigkeit vorlag.

MITTERMAIER und CHRISTIAN (1954) sowie MITTERMAIER (1955) stellten die Gesamtschlagzahl und vor allem die Gesamtamplitude als empfindlichere Parameter heraus als die Reaktionsdauer.

STAHLÉ (1957) untersuchte, ob zwischen den Parametern Gesamtamplitude, Gesamtschlagzahl und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase eine signifikante Beziehung besteht. Für den thermischen Nystagmus von 50 Gesunden ergaben sich folgende Korrelationen:

Gesamtamplitude	- Gesamtschlagzahl $p < 0,05$.
Gesamtamplitude	- max. Geschwindigkeit der langsamen Phase $p < 0,001$.
Max. Geschwindigkeit der langsamen Phase	- Gesamtschlagzahl $p < 0,10$.

STAHLÉ (1957) fand keine signifikante Beziehung zwischen der Reaktionsdauer und den übrigen Intensitätsparametern. Die Dauer stelle also den Rahmen dar, innerhalb dessen die Intensität der Nystagmusreaktion sehr stark variieren könne. Bei der Cupulometrie seien die Parameter Gesamtamplitude, Gesamtschlagzahl und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase der Größe des Stimulus proportional gewesen. STAHLÉ (1958) kam nach Analyse von 91 Elektronystagmogrammen an Patienten mit peripher- und zentralvestibulären Erkrankungen zu der Schlußfolgerung, daß Gesamtschlagzahl, Gesamtamplitude und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase weitgehend ähnliche Ergebnisse erbringen. Es reiche deshalb aus, einen der drei Parameter zu bestimmen. Die zeitsparendste Berechnung sei diejenige der Gesamtschlagzahl.

Der Befund von STAHL (1957), daß zwischen der Gesamtamplitude und der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase eine sehr enge, zwischen der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase sowohl wie der Gesamtamplitude und der Gesamtschlagzahl aber eine deutlich schlechtere ($p < 0,10$ und $p < 0,05$) Korrelation vorliegt, paßt gut zu unseren Ergebnissen, ebenso die von ihm berichteten Korrelationen zwischen der Reaktionsdauer und den übrigen Parametern.

Auch HAMERSMA (1957) zog aus den Ergebnissen seiner thermischen Prüfungen an 47 Gesunden den Schluß, daß die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase, die Gesamtamplitude und die Gesamtschlagzahl die Erregbarkeit des Labyrinths auf thermischen Reiz genauer beschreiben als die Nystagmusdauer. Die ersten drei geben die Größe des Stimulus exakt wieder. Da sie in sehr ähnlicher Weise reagierten, erscheine es sinnvoll, lediglich die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase zu berechnen.

TOROK (1948) schlug statt der Reaktionsdauer die maximale Frequenz als besseren Parameter zur Erfassung der Intensität der Reizantwort vor. Zwischen Dauer und maximaler Frequenz bestehe eine relativ schlechte Korrelation. Er vermutete, daß zwei Zentren existieren, die bis zu einem gewissen Ausmaß voneinander unabhängig seien: Eines für die Frequenz, ein anderes für die Nystagmusdauer.

HINCHCLIFFE (1968) berichtete über Korrelationskoeffizienten zwischen 0,60 und 0,71 zwischen der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase und

der maximalen Frequenz an 20 Gesunden. Zwischen den Parametern fand sich eine signifikante Beziehung einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,01$. Er zieht deshalb die Berechnung der maximalen Frequenz vor, da sie einfacher zu bestimmen ist.

TOROK (1969) führte an 13 Gesunden mit Photo-Elektronystagmographie thermische Prüfungen mit unterschiedlich großen Stimuli (30°C , 25°C , 20°C , 15°C , 10°C , jeweils 100 ml Wasser in 20 Sekunden) durch und ermittelte an den Photo-Elektronystagmogrammen die maximale Frequenz und die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase, jeweils pro 10 Sekunden. Die Korrelationskoeffizienten zwischen maximaler Frequenz und maximaler Geschwindigkeit der langsamen Phase lagen zwischen 0,76 (30°C) und 0,56 (10°C). Aus dem Vergleich der Reizstärke-Effektkurven meinte er unter Berücksichtigung der unterschiedlich großen Streuung der Werte für die maximale Frequenz und die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase schließen zu können, daß die maximale Frequenz der verlässlichere der beiden Parameter beim experimentellen Nystagmus sei.

KLEINFELD und DAHL (1974) konnten über ein im Rahmen von Tympanoplastiken am horizontalen Bogengang appliziertes Thermoelement eine lineare Beziehung zwischen der Schlagzahl/10 Sek. und der Temperatur des horizontalen Bogengangs feststellen. Der Nystagmus wurde leider nur beobachtet, so daß eine Korrelation der Werte für die Schlagzahl mit denen der Geschwindigkeit der langsamen Phase und der Amplitude nicht erfolgte.

JONGKEES (1973) hielt die Reaktionsdauer und die Frequenz für brauchbare Kriterien zur Erfassung eines Reizeffektes in der Praxis.

Demgegenüber schlugen schon VAN EGMONT und TOLK (1954) als Parameter der Wahl aufgrund von Ergebnissen bei der Cupolometrie die Geschwindigkeit der langsamen Phase vor, da sie der Cupuladeflection direkt proportional sei.

HENRIKSSON (1955) konnte nachweisen, daß beim perrotatorischen Nystagmus eine lineare Beziehung zwischen der Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase und der Reizstärke besteht. Er bestätigte damit Befunde, die von DOHLMANN (1925) bei der thermischen Prüfung erhoben worden waren.

GREINER et al. (1968) berichteten, daß beim Drehpendeltest die Geschwindigkeit der langsamen Phase der Beschleunigung direkt, die Frequenz jedoch nur dem Logarithmus der Beschleunigung proportional sei.

Auch in den Veröffentlichungen aus jüngster Zeit (REKER 1976, SOKOLOVSKI 1976) wird der maximalen Geschwindigkeit der langsamen Phase die größte Aussagekraft zugesprochen.

An Erklärungsversuchen für dieses unterschiedliche Verhalten von Nystagmusparametern fehlt es nicht. TIBBLING (1969) folgerte aus ihren Befunden, daß zwei zumindest zum Teil unabhängige Steuerungsmechanismen existieren, von denen der eine die Geschwindigkeit der langsamen Phase, der andere die Frequenz kontrolliere. So verursacht Rauchen wie auch i.v.-Injektion von Nikotin, nicht aber eine Erhöhung des CO-Hb und des

CO₂-Spiegels im Blut einen Anstieg der Nystagmusfrequenz, während die Geschwindigkeit der langsamen Phase unverändert bleibe. Frequenz und Amplitude seien nicht nur abhängig von der Stimulusgröße, sondern auch von der Aktivität des Teils des Hirnstamms, der die schnellen Phasen beginnen läßt (TIBBLING und HENRIKSSON 1968).

PFALTZ und PIFFKO (1970) sowie PFALTZ (1974) kamen aufgrund von Untersuchungen über die vestibuläre Habituation zu einer ähnlichen Schlußfolgerung. Es müsse zwei voneinander unabhängige Zentren geben, eines, das die Frequenz, und ein anderes, das die Größe der Nystagmusamplitude steuere. Denn nur die Amplitude habituiere, nicht die Frequenz (PFALTZ und PIFFKO 1970). In einer späteren Veröffentlichung erwähnte PFALTZ (1974), daß optokinetisches Training die Entwicklung vestibulärer Habituation gemessen an der Amplitude und der Geschwindigkeit der langsamen Phase bahnt.

FLUUR und MENDEL (1973) teilten aufgrund von Ergebnissen bei rotatorischen Prüfungen von Gesunden und Patienten mit M. Menière mit, daß offenbar ein Zentrum für die Nystagmusfrequenz und eines für die Latenzzeit und die Dauer des postrotatorischen Nystagmus vorhanden sei.

TOROK (1973) wies auch daraufhin, daß die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase, die maximale Frequenz und die maximale Amplitude sowie die Dauer sich bei Fixation und Ausschluß von Fixation ganz unterschiedlich verhalten. Fixation erniedrige die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase, die maximale Amplitude und die Reaktionsdauer und erhöhe die maximale Frequenz.

Mit den oben geschilderten Ergebnissen zahlreicher Untersucher stimmen die Befunde von EMAMI-NOURI (1974) kaum überein. Er zog aus einer relativ kleinen Zahl von Elektronystagmogrammen dahingehend detaillierte Schlußfolgerungen, daß Latenzzeit, Latenz- und Nystagmuszeit und Frequenz bei vestibulären Erkrankungen in unterschiedlicher Weise geeignet seien, die Läsion aufzuzeigen. Als Kriterium zur Beurteilung der Wertigkeit der Parameter wählte er das Verhältnis von Seitendifferenz zu Richtungsüberwiegen. Methodisches Vorgehen und Ergebnisse erscheinen jedoch äußerst fragwürdig, zumal es sich insgesamt nur um 40 Elektronystagmogramme von Gesunden und Patienten handelte, darunter befand sich auch eine Gruppe von Patienten mit "zentralvestibulären Störungen". Über die zugrundeliegenden Krankheitsbilder wurde nicht berichtet.

Eine endgültige Klärung der Frage, ob einer der beiden Nystagmusparameter, auf die sich in den letzten 10 Jahren die Diskussion konzentriert hat, nämlich die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase oder die maximale Frequenz, allein ausreichend ist oder ob beide erforderlich sind, werden erst Untersuchungen an großen Kollektiven von Patienten mit wohldefinierten Krankheitsbildern und sorgfältiger statistischer Bearbeitung des Zahlenmaterials erbringen. Unsere Befunde an Gesunden sprechen allerdings dafür, daß die Bestimmung beider die diagnostische Sicherheit deutlich erhöht.

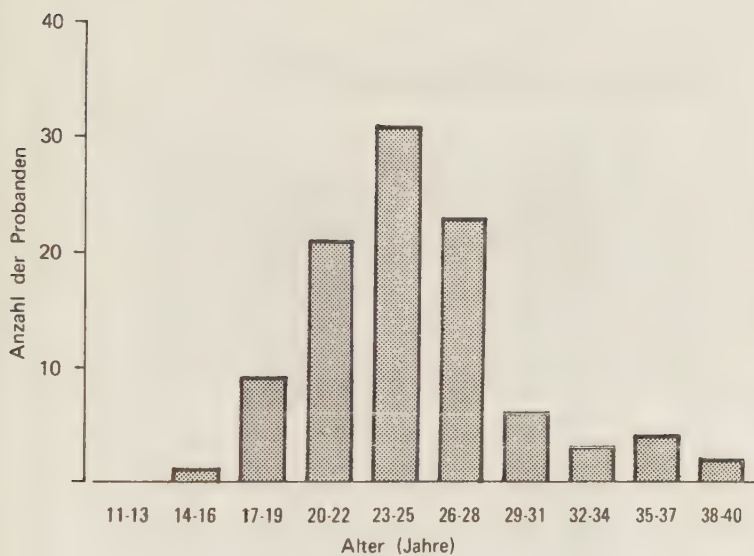


Abb. 1: Altersverteilung der 100 gesunden Versuchspersonen.

Medianwerte und Interquantilbereiche, Mittelwerte und Standardabweichung
versch. Parameter der thermischen Prüfung an 100 Gesunden

		100 %	94 %	90 %	80 %	Median	80 %	90 %	94 %	100 %	Mittelwert m	Standard abweichung s
max. slow phase velocity pro 10 sec in $^{\circ}$ /sec	re 44	2	4	4	5	11	23	32	36	37	13	8
	li 44	2	4	4	5	11	23	27	28	38	12	7
	li 30	3	4	5	7	17	32	36	38	42	18	9
	re 30	3	4	6	7	15	28	35	39	62	17	10
max. Amplitude pro 10 sec in $^{\circ}$	re 44	9	20	25	27	67	143	160	211	319	78	55
	li 44	7	12	20	31	64	127	164	181	227	73	44
	li 30	16	20	27	33	96	194	221	258	299	106	65
	re 30	9	22	37	46	89	169	205	218	330	103	56
max. Frequenz pro 10 sec	re 44	4	7	8	9	16	24	28	29	39	17	6
	li 44	5	8	8	10	17	23	27	28	36	17	6
	li 30	2	9	9	11	18	27	29	30	34	19	6
	re 30	2	8	10	12	18	27	30	31	34	19	6
max. Frequenz pro 30 sec	re 44	7	15	18	24	45	67	78	82	107	46	18
	li 44	13	19	20	26	47	65	77	83	105	46	17
	li 30	5	23	24	29	51	78	80	83	95	52	18
	re 30	4	18	27	31	50	74	81	84	97	52	17
Gesamt – schlagzahl	re 44	29	59	79	84	155	264	302	314	357	163	71
	li 44	48	56	60	79	161	252	275	290	625	168	80
	li 30	8	63	87	103	181	285	325	335	415	188	76
	re 30	20	83	86	102	187	282	319	369	583	195	81
Reaktions – dauer in sec	re 44	150	150	160	170	205	240	240	240	240	208	31
	li 44	140	140	140	160	210	240	240	240	240	204	34
	li 30	120	150	160	170	225	240	240	240	240	213	31
	re 30	120	130	150	160	220	240	240	240	240	210	34

Abb. 2: Interquantilbereiche, Medianwerte, Mittelwerte und Standardabweichungen der wichtigsten Nystagmusparameter.

Parameter	Minimal- werte				Median				Maximal- werte				Mittel- wert	Standard- abwei- chung
	100%	94%	90%	80%		80%	90%	94%	100%				m	s
max. SPV / 30 sec	51	32	27	22	+ 1,0	+ 26	+ 36	+ 39	+ 46				+ 0,6	+ 19
max. Amplitude/30 sec	53	38	32	28	+ 0,5	+ 30	+ 37	+ 42	+ 48				+ 0,4	+ 21
max. Frequenz / 30 sec	65	21	18	13	0,7	+ 12	+ 21	+ 23	+ 27				1,0	+ 12
Reaktions- dauer	16	8	6	4	0,0	+ 5	+ 7	+ 8	+ 13				0,1	+ 6

max. SPV / 30 sec	47	— 36	27	— 23	— 3,6	+ 19	+ 27	+ 32	+ 42	— 3,5	± 18
max. Amplitude/30 sec	35	30	28	— 25	— 3,9	+ 21	+ 28	+ 34	+ 51	— 2,6	± 18
max. Frequenz / 30 sec	— 34	— 20	— 18	— 13	0,0	+ 16	+ 21	+ 23	+ 35	+ 0,5	± 12
Reaktions— dauer	— 21	— 10	6	2	0,0	+ 10	+ 14	+ 16	+ 18	— 0,3	± 8

Für das Richtungsüberwiegen

-75-

Medianwerte und Interquantilbereiche für die Seitendifferenz an 100 Gesunden

$$\frac{(1+3) - (2+4)}{1+2+3+4} \cdot 100\% =$$

	100%	94%	90%	80%	Median	80%	90%	94%	100%
max slow phase velocity pro 10 sec in $^{\circ}$ /sec	- 48	- 32	31	- 21	- 0,6	+ 27	+ 35	+ 40	+ 52
max Amplitude pro 10 sec in $^{\circ}$	- 47	- 34	- 28	- 24	0,0	+ 26	+ 29	+ 41	+ 47
max. Frequenz pro 10 sec	- 54	- 16	- 15	- 12	0,0	+ 12	+ 19	+ 21	+ 31
Gesamt- schlagzahl	- 54	- 21	- 20	- 13	+ 0,1	+ 13	+ 17	+ 24	+ 31

Medianwerte und Interquantilbereiche für das Richtungsüberwiegen an 100 Gesunden

$$\frac{(1+4) - (2+3)}{1+2+3+4} \cdot 100\% =$$

	100%	94%	90%	80%	Median	80%	90%	94%	100%
max slow phase velocity pro 10 sec in $^{\circ}$ /sec	- 49	- 37	- 26	- 23	- 3,2	+ 19	+ 28	+ 29	+ 43
max. Amplitude pro 10 sec in $^{\circ}$	- 33	28	- 24	- 21	- 4,0	+ 21	+ 26	+ 32	+ 49
max. Frequenz pro 10 sec	- 34	- 21	- 19	- 15	0,0	+ 13	+ 18	+ 21	+ 36
Gesamt- schlagzahl	- 34	- 26	- 25	- 22	+ 0,5	+ 22	+ 27	+ 28	+ 51

* 1 : re 30° , 2 : li 30° , 3 : re 44° , 4 : li 44° in Anlehnung an Jonkees et. al.

Abb. 4: Interquantilbereiche, Medianwerte, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Seitendifferenz und das Richtungsüberwiegen der thermischen Vestibularisprüfung an 100 Gesunden.

	max. slow phase velocity pro 10 sec	max. Amplitude pro 10 sec	max. Frequenz pro 10 sec	Gesamtschlag- zahl	max. slow phase velocity pro 30 sec	max. Amplitude pro 30 sec
max. Amplitude pro 10 sec	0,89 0,91 0,75 0,88					
max. Frequenz pro 10 sec	0,59 0,46 0,45 0,48	0,45 0,40 0,34 0,33				
Gesamt- schlagzahl	0,54 0,45 0,43 0,46	0,35 0,38 0,35 0,29	0,84 0,77 0,74 0,82			
max. slow phase velocity pro 30 sec	0,99 0,99 0,80 0,99	0,89 0,91 0,86 0,87	0,59 0,46 0,53 0,49	0,55 0,44 0,54 0,49		
max. Amplitude pro 30 sec	0,90 0,91 0,76 0,86	0,99 0,99 0,99 0,99	0,45 0,40 0,36 0,30	0,37 0,39 0,37 0,28	0,90 0,91 0,86 0,85	
max. Frequenz pro 30 sec	0,60 0,46 0,47 0,48	0,45 0,40 0,36 0,34	0,99 0,97 0,96 0,98	0,86 0,77 0,81 0,84	0,60 0,46 0,56 0,51	0,45 0,40 0,39 0,32

re 44°	li 44°
re 30°	li 30°

Korrelationskoeffizienten versch. Nystagmusparameter

> 0,95
 0,75 – 0,95
 0,3 – 0,6

Abb. 5: Korrelationskoeffizienten der wichtigsten Nystagmusparameter, getrennt dargestellt für jede der vier Spülungen.

m $\pm$ s der thermischen Vestibularisprüfung an 100 Gesunden

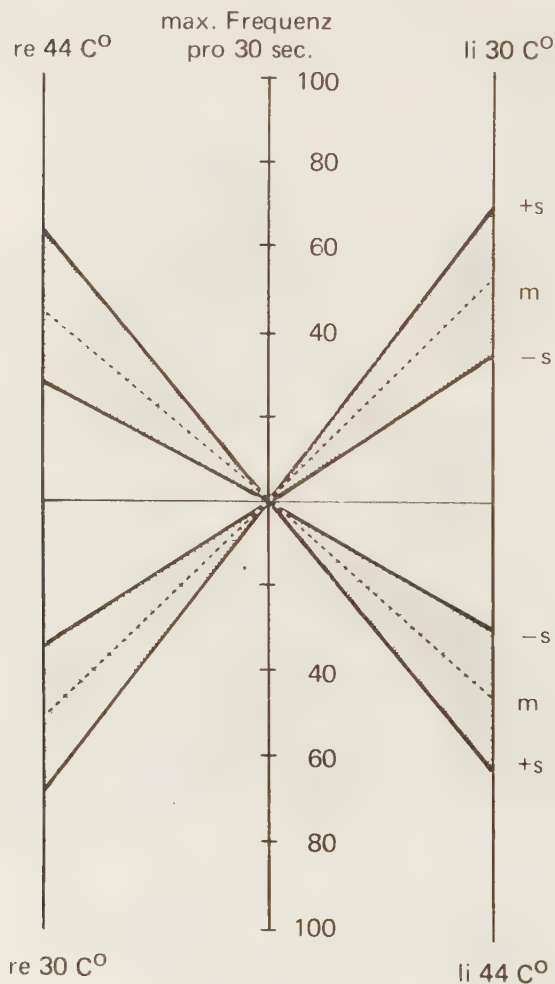


Abb. 6: m $\pm$ s der thermischen Vestibularisprüfung an 100 Gesunden, erstellt entsprechend den Angaben von CLAUSSEN. Parameter: Maximale Frequenz/30 Sek.

$m \pm s$ der thermischen Vestibularisprüfung an 100 Gesunden

max. slow phase velocity
pro 30 sec.

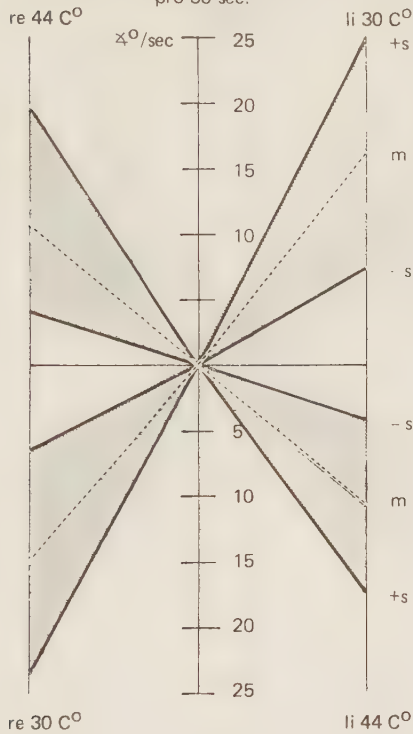


Abb. 7: $m \pm s$ der thermischen Vestibularisprüfung an 100 Gesunden, erstellt entsprechend den Angaben von CLAUSSEN. Parameter: Maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/30 Sek.

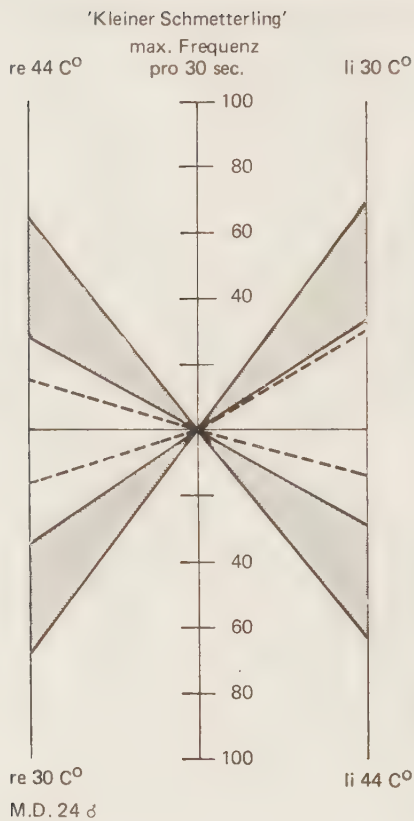


Abb. 8: "Kleiner Schmetterling". Sämtliche vier Reaktionen liegen unterhalb des Bereiches m - s (M. D. 24 Jahre, männlich).

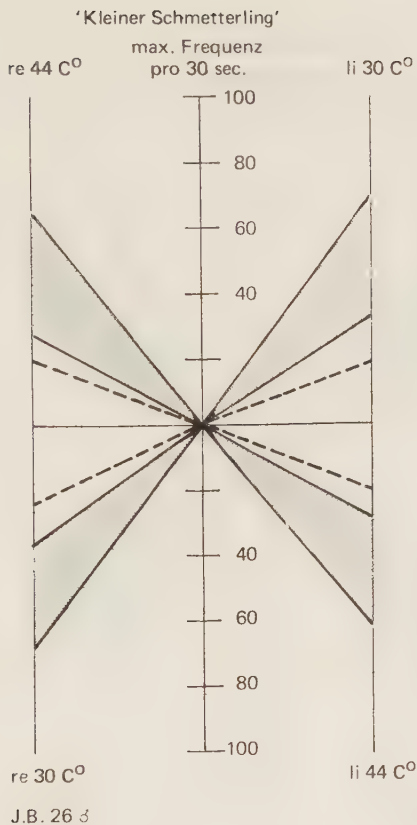


Abb. 9: "Kleiner Schmetterling". Sämtliche Nystagmusreaktionen liegen unterhalb des Bereiches m - s (J. B. 26 Jahre, männlich).

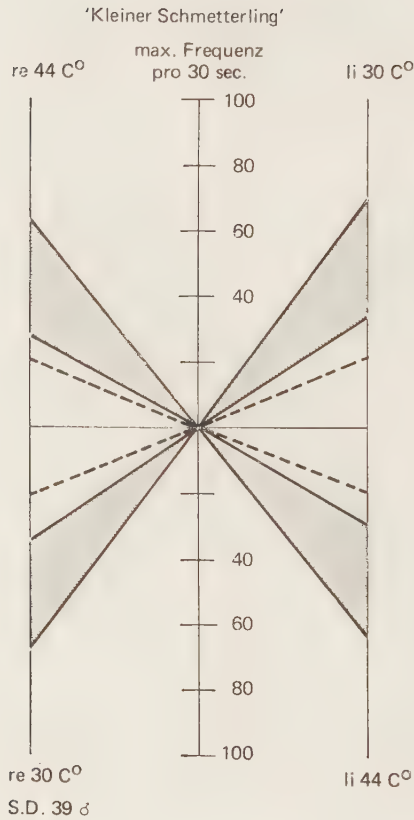


Abb. 10: "Kleiner Schmetterling". Sämtliche Nystagmusreaktionen liegen unterhalb des Bereiches m - s (S. D. 39 Jahre, männlich).

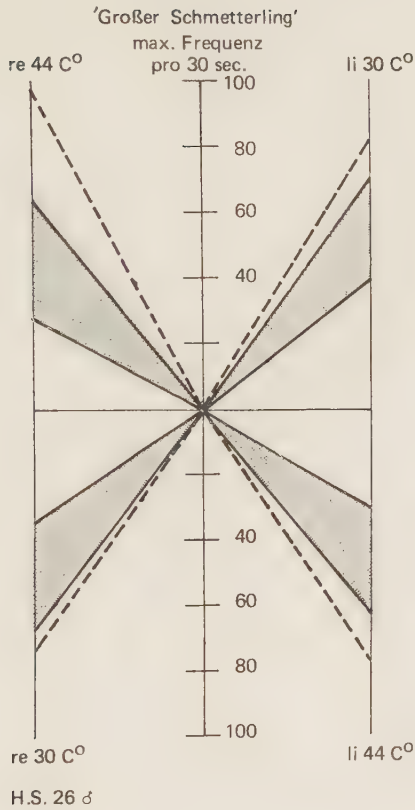


Abb. 11: "Großer Schmetterling". Sämtliche Nystagmusreaktionen liegen oberhalb des Bereiches m + s (H. S. 26 Jahre, männlich).

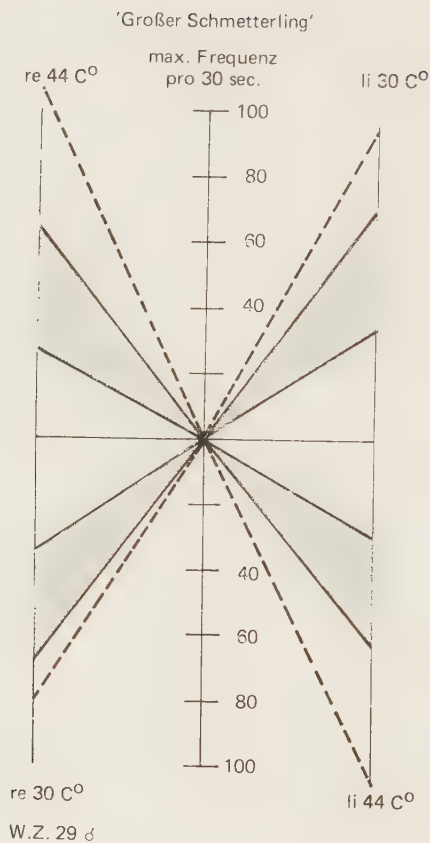


Abb. 12: "Großer Schmetterling". Sämtliche Nystagmusreaktionen liegen oberhalb des Bereiches m + s (W. Z. 29 Jahre, männlich).

'Nystaktisches Richtungsüberwiegen nach links'

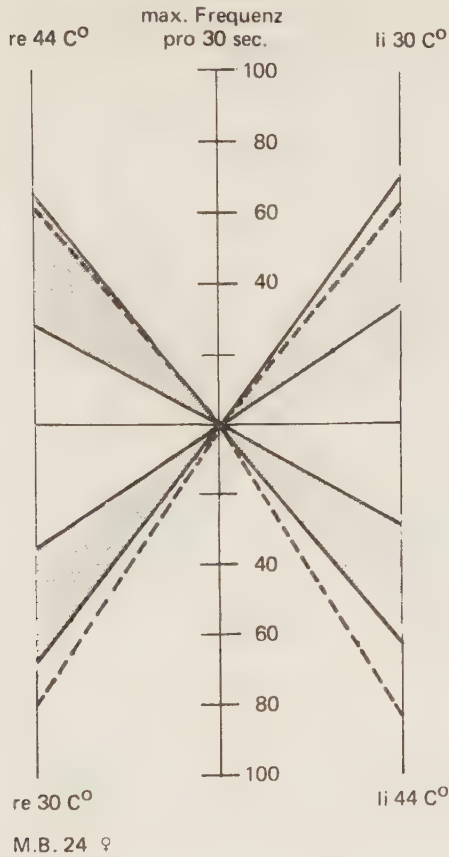


Abb. 13: "Nystaktisches Richtungsüberwiegen nach links".
Die nach links gerichteten Nystagmusreaktionen
liegen oberhalb des Bereiches $m + s$, die nach
rechts gerichteten Nystagmusreaktionen innerhalb
des Bereiches $m \pm s$ (M. B. 24 Jahre, männlich).

'Nystaktisches Richtungsüberwiegen nach links'

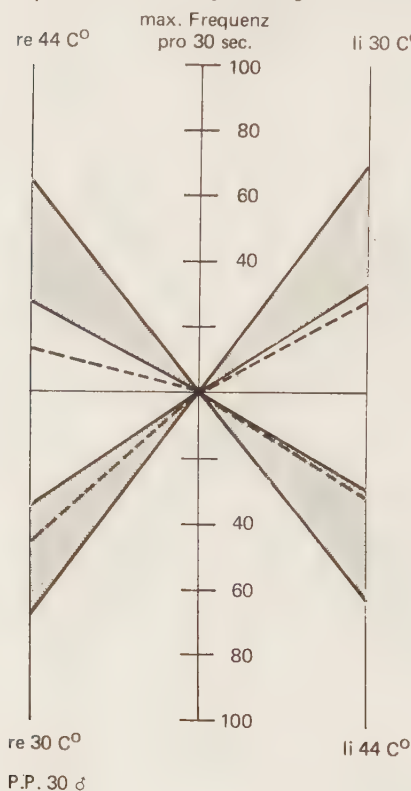


Abb. 14: "Nystaktische Richtungsüberwiegen nach links".
Die nach links gerichteten Nystagmusreaktionen
liegen innerhalb des Bereiches $m \pm s$, die nach
rechts gerichteten Nystagmusreaktionen unterhalb
des Bereiches $m - s$ (P. P. 30 Jahre, männlich).

'Bilateral asymmetrischer Schmetterling mit
einseitiger Überfunktion'

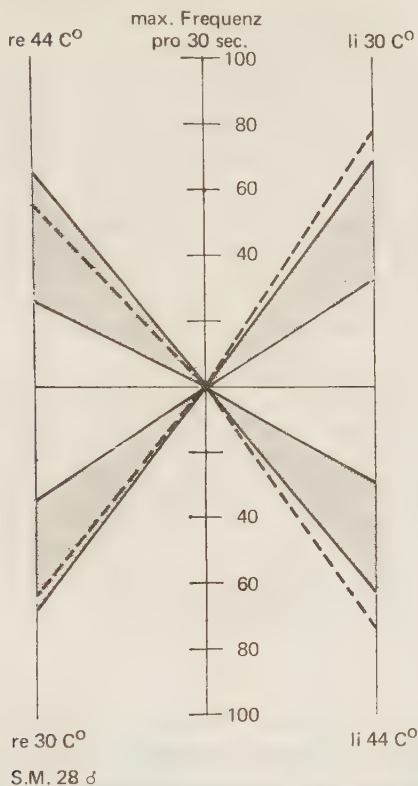


Abb. 15: "Bilateral asymmetrischer Schmetterling mit einseitiger Überfunktion". Die Nystagmusreaktionen bei den Spülungen von rechts liegen innerhalb des Bereiches $m \pm s$, die Nystagmusreaktionen bei Spülungen links oberhalb des Bereiches $m + s$ (S. M. 28 Jahre, männlich).

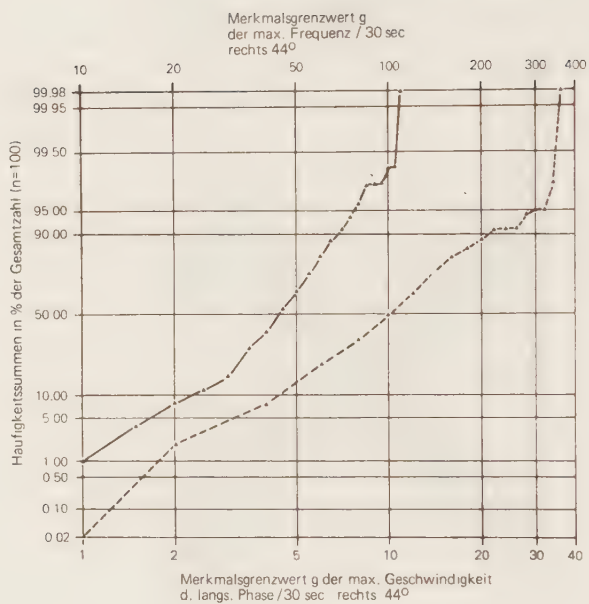


Abb. 16: Häufigkeitssummen der Parameter maximale Frequenz/30 Sek. und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phasen/30 Sek., eingetragen in ein Wahrscheinlichkeitsnetz.

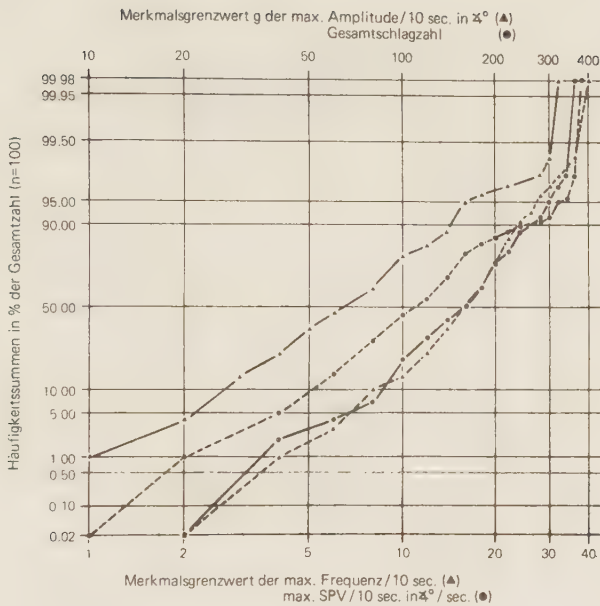


Abb. 17: Häufigkeitssummen der Parameter maximale Amplitude/10 Sek., Gesamtschlagzahl, maximale Frequenz/10 Sek. und maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/10 Sek., eingezeichnet in ein Wahrscheinlichkeitsnetz.

Ergebnisse der thermischen Vestibularisprüfung an 100 Gesunden
Parameter : max. Nystagmusfrequenz / 30 sec.

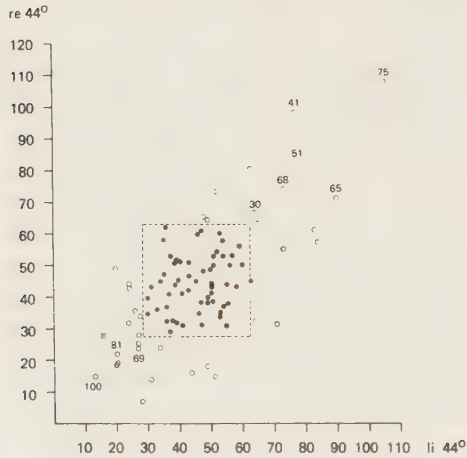


Abb. 18: Vergleich der Zahlenwerte maximale Nystagmusfrequenz/30 Sek. der Warmspülung rechts mit denjenigen der Warmspülung links jedes einzelnen Probanden. Das Rechteck stellt den Bereich der doppelten Standardabweichung dar ($m \pm s$).

Ergebnisse der thermischen Vestibularisprüfung an 100 Gesunden
Parameter : max. Nystagmusfrequenz / 30 sec.

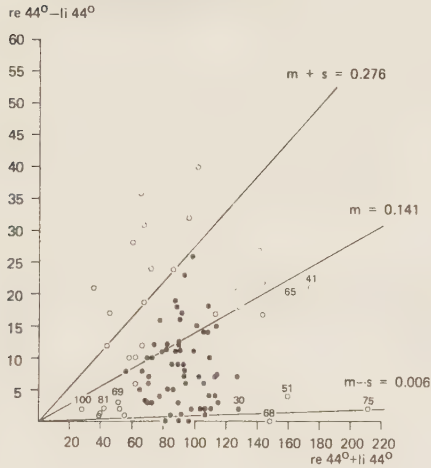


Abb. 19: Vergleich der Summe der Zahlenwerte der beiden Warmspülungen (Abszisse) mit der Differenz der Zahlenwerte der beiden Warmspülungen (Ordinate) für den Parameter maximale Frequenz/30 Sek. Die Geraden m , $m + s$ und $m - s$ bezeichnen den Mittelwert sowie die einfache Standardabweichung nach jeder Seite.

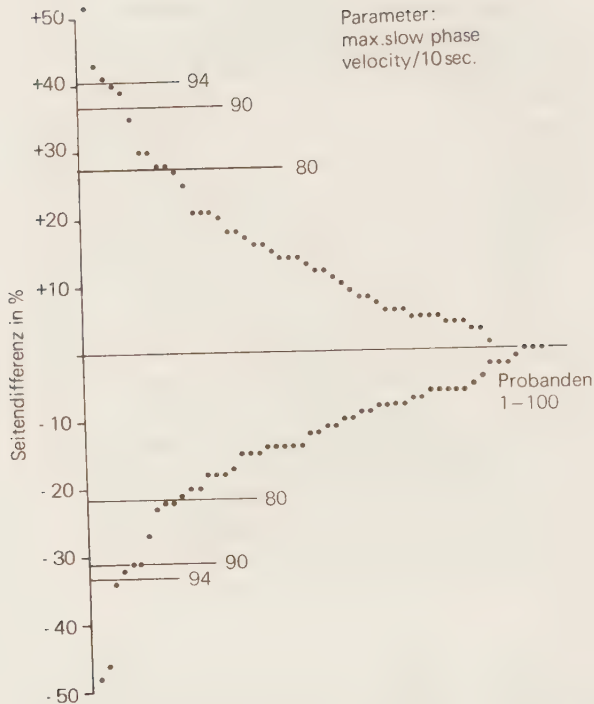


Abb. 20: Zahlenwerte für die Differenz zwischen rechts und links in Prozent der Gesamtreaktion, nach fallender Seitendifferenz geordnet. Parameter: Maximale Geschwindigkeit der langsamen Phasen/10 Sek.

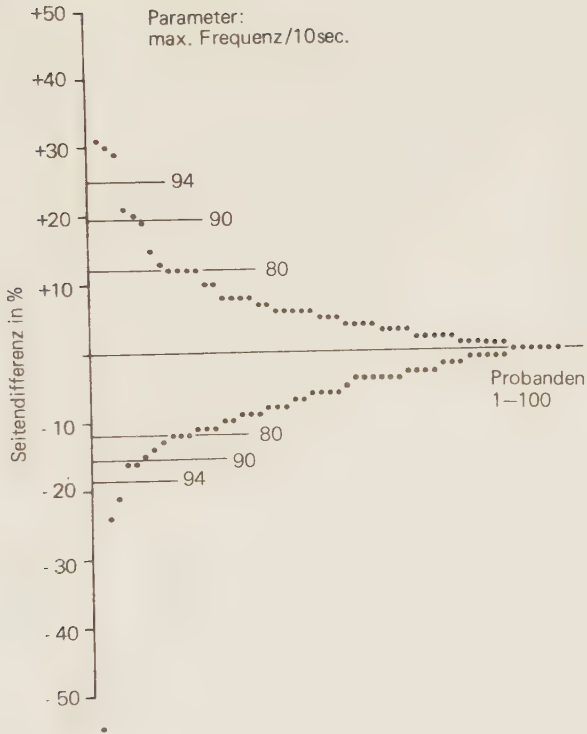


Abb. 21: Zahlenwerte für die Seitendifferenz zwischen rechts und links in Prozent der Gesamtreaktion, nach fallender Seitendifferenz geordnet.
Parameter: Maximale Frequenz/10 Sek.

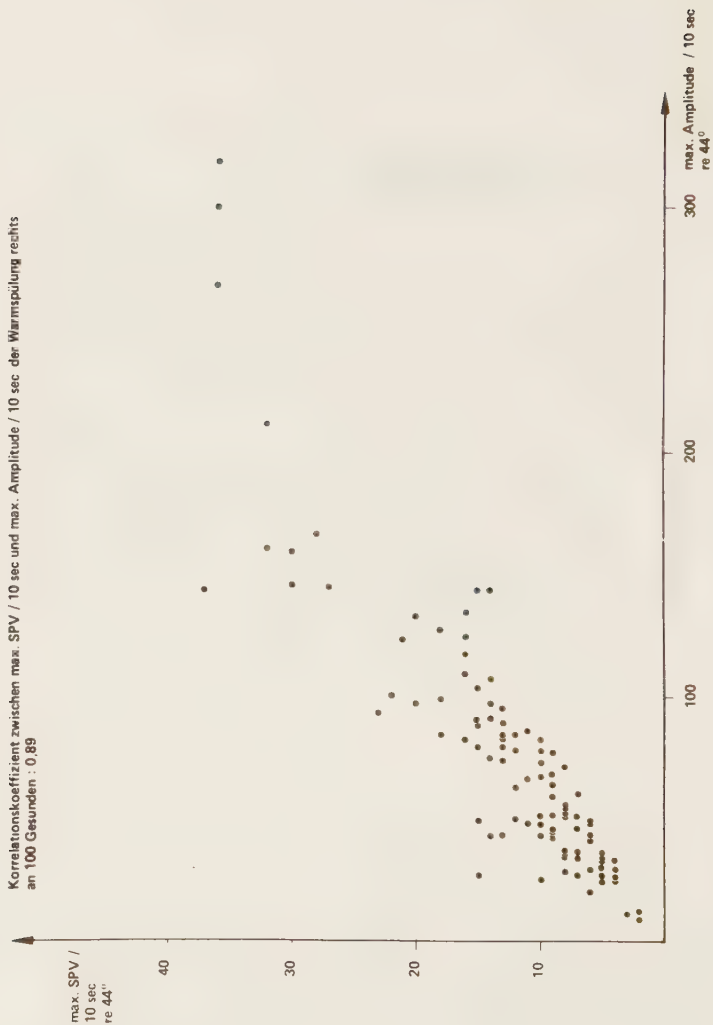


Abb. 22: Korrelation zwischen den Parametern maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase/10 Sek. und maximale Amplitude/10 Sek. bei 100 Gesunden. Korrelationskoeffizient $r: 0,89$.

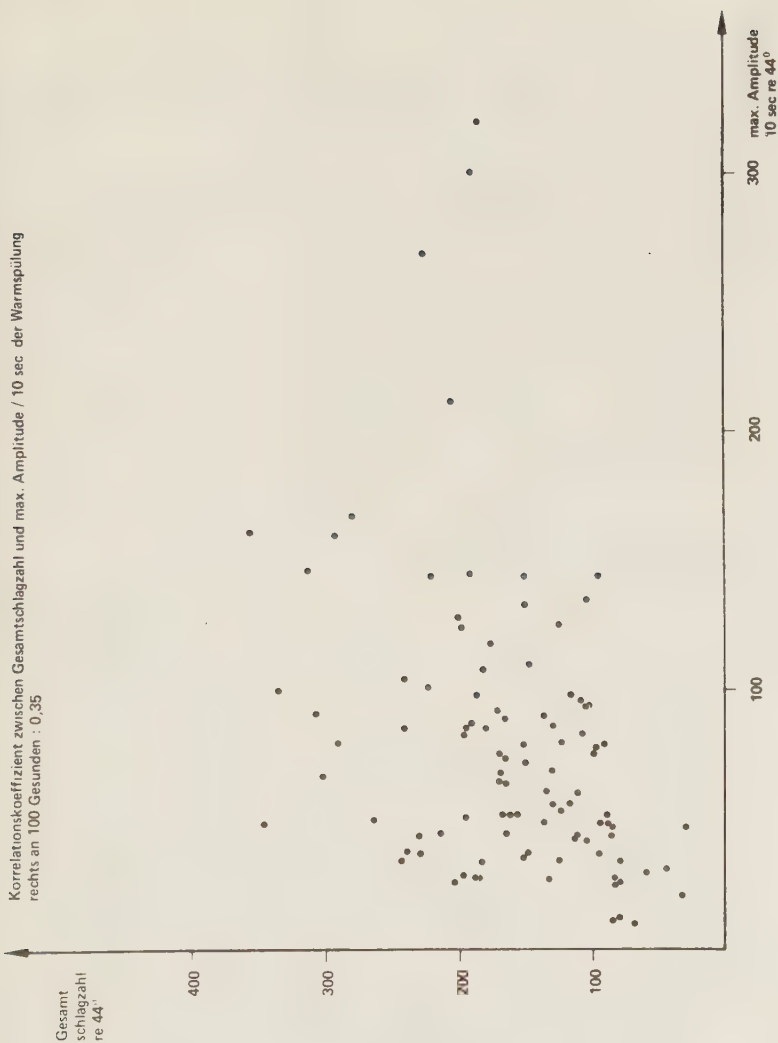


Abb. 23: Korrelation zwischen den Parametern Gesamtschlagzahl und maximale Amplitude/10 Sek. bei 100 Gesunden. Korrelationskoeffizient r : 0,35.

Medianwerte und Interquantilbereiche, Mittelwerte und Standardabweichung verschiedener Parameter der thermischen Prüfung an 100 Gesunden

Parameter	Mini- mal- werte 100 %	94 %	90 %	80 %	Median	80 %	90 %	94 %	Maxi- mal- wert 100 %	Mit- tel- wert m	Standard- abweichung s
max. Amplitude/30 Sek. 44° re	19,2	49,5	61,6	72,4	168,1	366,3	453,0	595,2	868,2	210,6	+ 154,2
max. Amplitude/30 Sek. 44° li	19,2	32,6	54,2	77,5	172,4	361,9	475,0	488,2	635,1	198,5	+ 125,7
max. Amplitude/30 Sek. 30° li	32,3	53,0	58,2	83,0	266,2	542,9	612,1	750,6	855,0	291,6	+ 185,7
max. Amplitude/30 Sek. 30° re	19,9	57,2	89,7	112,0	249,9	473,5	552,1	591,0	943,5	278,0	+ 157,4
max. SPV ⁺ /30 Sek. 44° re	1,8	3,6	3,8	4,7	9,8	21,0	29,3	33,2	35,4	11,7	+ 7,6
max. SPV /30 Sek. 44° li	1,6	3,3	3,8	4,2	9,5	19,4	25,5	26,0	34,0	10,7	+ 6,6
max. SPV /30 Sek. 30° li	2,9	3,8	4,2	6,2	15,2	27,3	32,4	35,1	39,2	16,1	+ 8,6
max. SPV /30 Sek. 30° re	1,5	3,3	4,9	6,0	13,6	25,4	30,2	34,5	45,7	15,1	+ 8,5

+ Abkürzung: SPV = Slow phase velocity
(Geschwindigkeit der langsamen Phase)

Tabelle 1

Statistisch signifikante Unterschiede (T-Test) beim Vergleich der Zahlenwerte des Teilkollektivs
a. ohne Spontannystagmus mit denjenigen des Teilkollektivs b. mit Spontannystagmus nach links

Parameter	Signifikanz- niveau	Teilkollektiv ohne Spontannystagmus n = 55 ($\bar{m} \pm s$)	Teilkollektiv mit Spontannystagmus nach links n = 21 ($\bar{m} \pm s$)
RU ⁺ max. Frequenz/30 Sek.	p < 5 %	0 $\pm$ 11	+ 6 $\pm$ 13
RU Gesamtschlagzahl	p < 1 %	+ 1 $\pm$ 14	+ 12 $\pm$ 21
RU Reaktionsdauer	p < 1 %	+ 1 $\pm$ 4	+ 5 $\pm$ 7

a. ohne Spontannystagmus mit denjenigen des Teilkollektivs c. mit Spontannystagmus nach rechts

Parameter	Signifikanz- niveau	Teilkollektiv ohne Spontannystagmus n = 55 ($\bar{m} \pm s$)	Teilkollektiv mit Spontannystagmus nach rechts n = 24 ($\bar{m} \pm s$)
RU Gesamtschlagzahl	p < 5 %	+ 1 $\pm$ 14	- 8 $\pm$ 14

b. mit Spontannystagmus nach links mit denjenigen des Teilkollektivs c. mit Spontannystagmus nach rechts

Parameter	Signifikanz- niveau	Teilkollektiv mit Spontannystagmus n. links n = 21 ($\bar{m} \pm s$)	Teilkollektiv mit Spontannystagmus nach rechts n = 24 ($\bar{m} \pm s$)
max. Frequenz/10 Sek. 44° 11	p < 5 %	19 $\pm$ 6	15 $\pm$ 5
max. Frequenz/30 Sek. 30° re	p < 5 %	57 $\pm$ 17	46 $\pm$ 17
max. Frequenz/10 Sek. 30° re	p < 5 %	21 $\pm$ 6	17 $\pm$ 6
Gesamtschlagzahl 44° 11	p < 5 %	196 $\pm$ 76	150 $\pm$ 61
Gesamtschlagzahl 30° 11	p < 5 %	161 $\pm$ 71	214 $\pm$ 93
Reaktionsdauer 44° re	p < 5 %	198 $\pm$ 28	218 $\pm$ 30
Reaktionsdauer 30° 11	p < 5 %	201 $\pm$ 36	223 $\pm$ 27
SD ⁺ max. Amplitude/ 30 Sek.	p < 5 %	+ 7 $\pm$ 17	- 7 $\pm$ 25
RU max. Frequenz/ 30 Sek.	p < 1 %	+ 6 $\pm$ 13	- 4 $\pm$ 10
RU max. Frequenz/ 10 Sek.	p < 1 %	+ 5 $\pm$ 12	- 5 $\pm$ 10
RU max. Amplitude/ 30 Sek.	p < 5 %	+ 3 $\pm$ 19	- 8 $\pm$ 17
RU max. Amplitude/ 10 Sek.	p < 5 %	+ 4 $\pm$ 18	- 7 $\pm$ 16
RU max. SPV ⁺ /30 Sek.	p < 5 %	+ 2 $\pm$ 18	- 10 $\pm$ 15
RU max. SPV /10 Sek.	p < 5 %	+ 2 $\pm$ 17	- 10 $\pm$ 15
RU Gesamtschlagzahl	p < 1 %	+ 12 $\pm$ 21	- 8 $\pm$ 14
RU Reaktionsdauer	p < 5 %	+ 5 $\pm$ 7	- 1 $\pm$ 7

+ Abkürzungen: RU = Richtungsüberwiegen
SD = Seitendifferenz
SPV = Slow phase velocity
(Geschwindigkeit der langsamen Phase)

d. Frauen mit Antikonzeptiva mit denjenigen des Teilkollektivs e. Frauen ohne Antikonzeptiva

Parameter	Signifikanz- niveau	Frauen mit Anti- konzeptiva n = 29 (m ± s)	Frauen ohne Anti- konzeptiva n = 20 (m ± s)
Reaktionsdauer	p < 5 %	222 ± 28	199 ± 39
max. Amplitude/ 30 ⁰ re 44 ⁰ li	p < 5 %	229 ± 148	201 ± 122

Statistisch signifikante Unterschiede (T-Test) beim Vergleich der Zahlenwerte des Teilkollektivs f. Raucher mit denjenigen des Teilkollektivs g. Nichtraucher

Parameter	Signifikanz- niveau	Raucher n = 41 (m ± s)	Nichtraucher n = 59 (m ± s)
max. Amplitude/30 Sek. 30 ⁰ li	p < 5 %	241 ± 161	327 ± 195
max. Amplitude/10 Sek. 30 ⁰ li	p < 5 %	90 ± 56	117 ± 68

h. Otitis media als Kind: ja mit denjenigen des Teilkollektivs i. Otitis media als Kind: nein

Parameter	Signifikanz- niveau	Otitis media als Kind: ja n = 17 (m ± s)	Otitis media als Kind: nein n = 83 (m ± s)
max. Frequenz/10 Sek. 44 ⁰ re	p < 5 %	17 ± 6	14 ± 5
SD ⁺ max. Amplitude/ 30 Sek.	p < 5 %	+ 3 ± 20	- 11 ± 22

+ Abkürzung: SD = Seitendifferenz

Tabelle 2 c

j. Coffeingenuß 4 Tassen/die: ja mit denjenigen des Teilkollektivs k. Coffeingenuß
4 Tassen/die: nein

Parameter	Signifikanz- niveau	Coffeingenuß >4 Tassen/die: ja n = 42 (m ± s)	Coffeingenuß >4 Tassen/die: nein n = 58 (m ± s)
max. Amplitude/30 Sek. 44° re	p < 5 %	176 ± 143	< 235 ± 158
max. Amplitude/10 Sek. 44° re	p < 5 %	65 ± 49	< 88 ± 58
max. Amplitude/30 Sek. 44° li	p < 1 %	160 ± 128	< 226 ± 117
max. Amplitude/10 Sek. 44° li	p < 1 %	59 ± 44	< 83 ± 41
max. Amplitude/30 Sek. 30° li	p < 1 %	214 ± 157	< 348 ± 186
max. Amplitude/10 Sek. 30° li	p < 1 %	80 ± 55	< 125 ± 65
max. Amplitude/30 Sek. 30° re	p < 1 %	231 ± 177	< 312 ± 133
max. Amplitude/10 Sek. 30° re	p < 1 %	85 ± 61	< 114 ± 48
max. SPV ⁺ / 10 Sek. 30° li	p < 5 %	15 ± 9	< 19 ± 9
Gesamtschlagzahl 44° re	p < 1 %	189 ± 82 >	144 ± 56
Gesamtschlagzahl 30° li	p < 5 %	207 ± 91 >	173 ± 56
Reaktionsdauer 44° li	p < 1 %	191 ± 36	< 212 ± 31
Reaktionsdauer 30° li	p < 5 %	205 ± 31	< 218 ± 31
Reaktionsdauer 30° re	p < 1 %	198 ± 38	< 218 ± 28
SD ⁺ max. SPV/ 30 Sek.	p < 5 %	+ 5 ± 21	- 3 ± 17
SD max. SPV/ 10 Sek.	p < 5 %	+ 5 ± 22	- 3 ± 17
SD Gesamtschlagzahl	p < 5 %	+ 3 ± 11	- 2 ± 13
RU ⁺ Gesamtschlagzahl	p < 5 %	- 4 ± 16	+ 4 ± 17

⁺ Abkürzungen: SD = Seitendifferenz
SPV = Slow phase velocity
(Geschwindigkeit der langsamen Phase)
RU = Richtungsüberwiegen

Tabelle 2 d

V. Zusammenfassung

Die Aufzeichnung des Nystagmus bei geöffneten Augen in Dunkelheit erscheint aus verschiedenen Gründen, auf die näher eingegangen wird, als eine verlässlichere Methode als die Elektronystagmographie bei geschlossenen Augen. Reihenuntersuchungen an Gesunden mit ersterer Methode unter Berücksichtigung mehrerer Parameter liegen unseres Wissens jedoch bisher nicht vor. An 100 Gesunden im Alter zwischen 14 und 40 Jahren wurde deshalb der Frage nachgegangen, welches Ausmaß von Seitendifferenz der Erregbarkeit sowie von Richtungsüberwiegen mit dieser Methode bei der thermischen Prüfung normalerweise zu erwarten ist. Dazu wurden jeweils der Medianwert, der Mittelwert und die Standardabweichung, darüber hinaus auch die Interquantilbereiche 80, 90, 94 und 100 % berechnet; und zwar für folgende Parameter: maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase, maximale Amplitude und maximale Frequenz, jeweils pro 10 und 30 Sekunden, Gesamtschlagzahl und Reaktionsdauer.

Gleiche Berechnungen wurden auch hinsichtlich der absoluten Größe der verschiedenen Nystagmusparameter, für jede Spülung getrennt, durchgeführt. Sie lassen bei der Bewertung der Elektronystagmogramme vom Patienten besser einschätzen, ob besonders schwache oder besonders intensive Reizantworten vorliegen.

Mit den Zahlenwerten wurde auch ein "Schmetterlings-schema" nach den Angaben von GORLIA-CLAUSSEN erstellt und dies auf seine Tauglichkeit bei der Differenzierung physiologischer von pathologischen Reaktionen analysiert. Bei Anwendung dieses Schemas ist in einem

nicht tolerierbaren Prozentsatz mit falsch positiven (pathologischen) Bewertungen zu rechnen. Zur Beurteilung, ob eine pathologische Seitendifferenz der Erregbarkeit oder ein pathologisches Richtungsüberwiegen vorliegt, erscheint eine unseres Wissens erstmals von JONGKEES angegebene Formel besser geeignet. Letztere bezieht den absoluten Wert der Seitendifferenz und des Richtungsüberwiegens auf die Stärke der Gesamtreaktion und trägt hiermit der Tatsache Rechnung, daß verschiedene extravestibuläre Faktoren die Stärke in der Nystagmusreaktion entscheidend mitbeeinflussen.

Weitergehende, mit EDV durchgeführte statistische Analysen führten zu dem Ergebnis, daß keine Normalverteilung der Zahlenwerte vorliegt. Demnach ist die Angabe von Medianwerten und Interquantilbereichen derjenigen von Mittelwerten und Standardabweichungen vorzuziehen.

Die Parameter maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase und maximale Amplitude und die Parameter maximale Frequenz und Gesamtschlagzahl sind jeweils so eng miteinander korreliert, daß zumindest am Gesunden die Berechnung eines der beiden Parameter aus jeder Gruppe hinreichend erscheint.

Die Tatsache jedoch, daß die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase und die maximale Amplitude wesentlich weniger gut mit den Parametern maximale Frequenz und Gesamtschlagzahl korreliert sind, legt die Schlußfolgerung nahe, daß wir mit den genannten Parametern unterschiedliche Eigenschaften des thermischen Nystagmus erfassen und die Bestimmung eines einzigen Parameters nicht ausreichend ist.

Normalwerte an Gesunden sind jedoch nicht so zu verstehen, daß sie starre Grenzen zwischen physiologischen und pathologischen Reaktionen darstellen. In Anbetracht des weiten Verteilungsbereiches der Werte an Gesunden muß in die letztliche Bewertung des Ergebnisses von Gleichgewichtsprüfungen die klinische Information mit eingehen.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

=====

1. Aantaa, E.:
Caloric test with air. Preliminary report.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 224, 82 - 85
(1966)
2. Albernaz, P. L. M., Gananca, M. M.:
The use of air in vestibular caloric
stimulation.
Laryngoscope 82, 2 198 - 2 203 (1972)
3. Arslan, M.:
The Senescence of the vestibular apparatus.
Pract. oto-rhino-laryng. 19, 475 - 483
(1957)
4. Arslan, M., Jongkees, L. B. W., Wodak, E.:
Fortschritte der Hals-Nasen-Ohren-Heil-
kunde I
gleichzeitig: Bibliotheca oto-rhino-
laryngologica Fasc. I, Herseg. Ruedi
Zürich, Basel, New York S. KARGER (1953)
5. Aschan, G.:
The caloric test. A nystagmographical
study.
Acta soc. med. ups. 60, 99 - 112 (1955)
6. Bárány, R.:
Untersuchungen über den vom Vestibular-
apparat des Ohres reflektorisch ausge-
lösten rhythmischen Nystagmus und seine
Begleiterscheinungen.
Mschr. Ohrenheilk. 40, 193 - 297 (1906)

7. Barber, H. O., Wright, G.:
Release of nystagmus suppression in clinical
elektronystagmography.
Laryngoscope 77, 1016 - 1027 (1967)
8. Barber, H. O., Wright, G., Demanuele, F.:
The Hot Caloric Test as a Clinical Screening
Device.
Arch. Otolaryng. 94, 335 - 337 (1971)
9. Bergstedt, M.:
Studies of positional nystagmus in the human
centrifuge.
Acta oto-laryng. (Stockholm) Suppl. 165,
(1961)
10. Blanks, R. H. J., Curthoys, J. S., Markham, C. H.:
Planar relationships of the semicircular
canals in man.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 80, 185 - 196
(1975)
11. Bochenek, Z., Gromowa, L., Maciejewicz, R.:
Comparative studies of positional nystagmus
in healthy subjects and in cases with hea-
ring or equilibrium.
Pol. Med. J. 6, 1332 - 1337 (1967)
12. Boenninghaus, H. G.:
Calorisation und mehrphasiger Nystagmusab-
lauf.
Untersuchungen über die peripher und über
die zentral ausgelöste Phase des calorischen
Nystagmus nach zweizeitiger Spülung.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 164, 50 - 120
(1953)
13. Boenninghaus, H. G.:
Die experimentellen Vestibularisprüfungen.
Stud. gen. (Berlin) 18, 661 - 666 (1965)

14. Bonner, C.:
Der Einfluß des Lidschlusses auf den vestibulären Spontannystagmus.
Med. Diss. Berlin (1977)
15. Brask, T., Falbe-Hansen, J.:
Electronystagmography on normal Persons.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 77,
412 - 417 (1974)
16. Brookler, K. H.:
Directional preponderance in clinical electronystagmography.
Laryngoscope 80, 747 - 754 (1970)
17. Brookler, K. H.:
Simultaneous Bilateral Bithermal Caloric Stimulation in Electronystagmography.
Laryngoscope 81, 1014 - 1019 (1971)
18. Bruner, A., Norris, T. W.:
Age-related changes in Caloric Nystagmus.
Acta oto-laryng. (Stockholm)
282 - 290 (1971)
19. Capps, M. J., Preciader, M. C., Paparella, M. M., Hoppe, W. E.:
Evaluation of the air caloric test as a routine examination procedure.
Laryngoscope 83, 1013 - 1021 (1973)
20. Claussen, C. F.:
Das Frequenzmaximum des kalorisch ausgelösten Nystagmus I als Kennlinienfunktion des geprüften Vestibularorgans.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 67, 639 - 645 (1969)
21. Claussen, C. F.:
Die quantitative Vestibularisprüfung - eine audiogrammanaloge Auswertung von Nystagmusbefunden (Schmetterlingsschema).
Laryng. Rhinol. 48, 938 - 944 (1969)

22. Claussen, C. F.:
Über die Dokumentation und Auswertung der
kalorischen Vestibularisprüfung mit Hilfe
des Schmetterlingsverfahrens.
und: Gleichgewichtsfunktionsprüfung I.
Die kalorische Vestibularisprüfung.
Österreichischer Otolaryngologenkongreß
in Wien 1970
23. Claussen, C. F.:
Audiogrammanaloge Auswertungsschemata in
der Vestibulometrie.
HNO 19, 276 - 282 (1971)
24. Claussen, C. F.:
Neue Wege der Rationalisierung, Auswer-
tung und Dokumentation in der Vestibulo-
metrie.
Laryng. Rhinol. 50, 524 - 531 (1971)
25. Claussen, C. F.:
Über die quantitative klinische Gleichge-
wichtsfunktionsdiagnostik mit Hilfe syste-
matischer Auswertungsmodelle.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 199,
560 - 565 (1971)
26. Clement, P. A. R., Oosterveld, V. J.:
L'influence qualitative et quantitative
de l'activité mentale sur le nystagmus
calorique.
Acta oto-rhino-laryng. belg. 24, 409 - 417
(1970)
27. Coats, A. C.:
Directional preponderance and unilateral
weakness as observed in the electro-
nystagmographic examination.
Ann. Otol. 74, 655 - 668 (1965)

28. Coats, A. C.:
Directional preponderance and spontaneous
nystagmus.
Ann. Otol. 75, 1135 - 1159 (1966)
29. Coats, A. C., Hebert, F., Atwood, G. R.:
The air caloric test.
Arch. Otolaryng. 102, 343 (1976)
30. Coles, R. R. A., Snashall, S. E.:
False negative response from caloric
stimulation.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 76,
180 - 182 (1973)
31. Collins, W. E., Crampton, G. H., Posner, J. B.:
Effects of mental activity on vestibular
nystagmus and the electronystagmography.
Nature 190, 194 (1961)
32. Collins, W. E., Guedry, F. E., Posner, J. B.:
Control of caloric nystagmus by manipula-
ting arousal and visual fixation distance.
Ann. Otol. 71, 187 - 201 (1962)
33. Dayal, V. S., Farkashidy, J., Kuzin, B.:
Clinical evaluation of the hot caloric
test as a screening procedure.
Laryngoscope 83, 1433 - 1439 (1973)
34. Decher, H.:
Zum Richtungsüberwiegen des experimen-
tellen Nystagmus bei Normalfällen.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 183,
285 - 288 (1964)
35. Decher, H.:
Zur Technik nystagmographischer Untersu-
chungen.
Laryng. Rhinol. 43, 757 - 765 (1964)

36. Decher, H.:
Vestibularis - Feindiagnostik mittels
Nystagmographie.
Heidelberg, Dr. Alfred Hüthing (1965)
37. Dohlmann, G.:
Physikalische und physiologische Studien
zur Theorie des kalorischen Nystagmus.
Akademische Abhandlung (Dissertation)
Uppsala 1925
38. Dubois-Reymond, E.:
Untersuchungen über thierische Electricität.
Vol. 2/I, 256, Berlin, G. Reimer (1849)
39. Eckel, W., Kuipers, G., Wendt, D.:
Elektronystagmographische Untersuchungen
zur tageszeitlichen und durch verschiedene
Bewußtseinsgrade bedingten Variabilität
des experimentellen Nystagmus.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 181,
175 - 198 (1963)
40. Egmond, A. A. J. van, Tolck, J.:
On the slow phase of the caloric Nystagmus.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 44, 589 - 593
(1954)
41. Emami-Nouri, M.:
Die diagnostische Wertigkeit einiger
Nystagmusparameter.
HNO 22, 275 - 277 (1974)
42. Eviator, A., Goodhill, V., Wassertheil, S.:
The significance of spontaneous and
positional nystagmus recorded by
electronystagmography.
Ann. Otol. 79, 1117 - 1128 (1970)

43. Eviator, A., Wassertheil, S.:
The clinical significance of 'directional preponderance' concluded by electronystagmography.
J. Laryng. 71, 355 - 367 (1971)
44. Fitzgerald, G., Hallpike, C. S.:
Studies in human vestibular function:
I. Observations on the directional preponderance, Nystagmusbereitschaft of caloric nystagmus resulting from cerebral lesions.
Brain 65, Part 2, 115 - 137 (1942)
45. Fluor, E., Mendel, L.:
Relation between strength of Stimulus and Nystagmus frequency in patients with Menière's disease.
Acta Otolaryng. (Stockholm) 76, 32 - 36 (1973)
46. Fregly, A. R., Bergstedt, M., Graybiel, A.:
Relationships between blood alcohol, positional alcohol nystagmus and postural equilibrium.
Quart. J. Stud. Alcohol 28, 11 - 21 (1967)
47. Frenzel, H.:
Calorische Prüfung mittels Wasserfüllung des Gehörgangs und mittels Luftgebläses.
Z. Hals-Nas.-u. Ohrenheilk. 50, 485 - 492 (1943)
48. Gates, G. A., Young, J. H., Winegar, L. K., Arbor, A.:
The thermoelectric Air stimulator.
Arch. Otolaryng. 92, 80 - 84 (1970).

49. Gillingham, K. K.:
Mental arithmetic during electronystagmo-
graphic testing.
Ann. Otol. 78, 575 (1969)
50. Gorlia, O.:
Enregistrement de la fréquence dy nystag-
mus ou cours des épreuves thermiques.
Acta oto-rhino-laryng. belg. 19, 823 - 830
(1965)
51. Gramowski, K. H., Unger, E.:
Über die Altersabhängigkeit thermischer
Labyrinthreaktionen.
Laryng. Rhinol. 52, 541 - 547 (1973)
52. Gramowski, K. H., Unger, E., Reinsch, M.:
Untersuchungen zur Bedeutung thermischer
Prüfungen bei Morbus Menière.
Arch. klin. exp. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk.
189, 281 - 290 (1967)
53. Greiner, G. F., Conraux, C., Collard, M., Carcia
Soto, N.:
Étude de la secousse lente et des mouve-
ments toniques par nystagmographie à
courent continue.
Ann. otolaryng. (Paris) 85, 293 - 302
(1968)
54. Grohmann, R.:
Zur Auswertung und Dokumentation von
Elektronystagmogrammen.
Laryng. Rhinol. 54, 498 - 506 (1975)
55. Gulick, R., Pfaltz, C. R.:
The diagnostic value of caloric test in
otoneurology.
Ann. Otol. 73, 893 - 913 (1964)

56. Hallpike, C. S.:
Die kalorische Prüfung.
Pract. oto-rhino-laryng. 17, 301 - 318
(1955)
57. Hamersma, H.:
The caloric test. A Nystagmographical
Study.
Med. Diss. Amsterdam 1957
58. Heifer, U.:
Okulovestibuläre Reaktion und Blutalko-
holkonzentration.
Unfallheilk. 99, 192 - 197 (1969)
59. Henriksson, N. G.:
An electrical method for registration
and analysis of the movements of the
eyes in nystagmus.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 45, 25
(1955)
60. Henriksson, N. G.:
The correlation between the speed of the
eye in the slow phase of nystagmus and
vestibular stimulus.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 45, 120
(1955)
61. Henriksson, N. G.:
Speed of Slow Component and Duration in
Caloric Nystagmus.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 125, 1 - 29
(1956)
62. Henriksson, N. G., Pfaltz, C. R., Torok, N.,
Rubin, W.:
A Synopsis of the Vestibular system.
An effort to standardize vestibular
conceptions, tests, and their evaluation.
Sandoz Monographs, Basel 1972

63. Hill, R., Collins, W. E., Schroeder, D. J.:
Influence of alcohol on postional
nystagmus over 32 hour periods.
Ann. Otol. 82, 103 (1973)
64. Hinchcliffe, R.:
Normal values for caloric tests using
electro-oculography.
J. Laryng. 81, 215 - 228 (1967)
65. Hinchcliffe, R.:
Validity of measures of caloric test
response.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 63, 69 - 73
(1967)
66. Hinchcliffe, R.:
Nystagmus rate as an index of caloric
test response.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 65, 311 -
315 (1968)
67. Hinchcliffe, R., Voots, R. J.:
An electronystagmographic technic for the
examination of vestibular function.
Neurology 12, 686 - 697 (1962)
68. Hood, J. D.:
Persistence of response in the caloric
test.
Aerospace med. 44, 444 - 449 (1973)
69. Hopmann, E.:
Quantitative kalorische Prüfung am Nor-
malen mittels Wasserfüllung des Gehör-
ganges.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 141,
155 - 166 (1936)

70. Ishiyama, E., Keels, E. W.:
Premilinary results on intralabyrinthine
temperature changes in the vestibular
labyrinth during caloric stimulation.
Pract. oto-rhino-laryng. 32, 231 - 239
(1970)
71. Jackson, M. M., Sears, C. W.:
Effect of weightlessness upon the normal
nystagmic reaction.
Aerospace Med. 37, 719 - 721 (1966)
72. Jongkees, L. B. W.:
Über die Untersuchungsmethoden des Gleich-
gewichtsorgans.
Fortschr. Hals-Nas.-Ohren-Heilk. 1, 1
(1953)
73. Jongkees, L. B. W.:
Vestibular tests for the clinician.
Arch. Otolaryng. 97, 77 (1973)
74. Jongkees, L. B. W., Maas, J. P. M., Philipszoon, A. J.:
Clinical nystagmography. A detailed study of
electronystagmography in 341 patients with
vertigo.
Pract. oto-rhino-laryng. 24, 65 - 93 (1962)
75. Jongkees, L. B. W., Philipszoon, A. J.:
Electronystagmography. A discussion of its
use and usefulness in the study of clinical
problems, physiology and pharmacology of
the vestibular system.
Acta oto-laryng. (Stockholm) Suppl. 189,
7 - 111 (1964).
76. Kellogg, R. S., Graybiel, A.:
Lack of response to thermal stimulation of
the semicircular canals in the weightless
phase of parabolic flight.
Aerospace Med. 38, 487 - 490 (1967)

77. Kirstein, L., Preber, L.:

Directional preponderance of caloric nystagmus in patients with organic brain diseases. An electronystagmographic study. Acta oto-laryng. (Stockholm) 44, 265 - 273 (1954)

78. Kirstein, R., Schöpfer, H.:

Störungen durch Augenlidschluß bei der Electronystagmographie. Arch. klin. exp. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 168, 215 - 219 (1956)

79. Kleinfeldt, D., Dahl, D.:

Die Abhängigkeit des thermischen Nystagmus von Temperaturveränderungen am horizontalen Bogengang. Acta oto-laryng. (Stockholm) 70, 136 - 141 (1970)

80. Kleinfeldt, D., Dahl, D.:

Die Temperaturveränderungen am horizontalen Bogengang des Menschen bei thermischen Vestibularisprüfungen. Laryng. Rhinol. 53, 205 - 208 (1974)

81. Kleinfeldt, D., Dahl, D.:

Der Einfluß von Temperaturveränderungen am horizontalen Bogengang auf den Nystagmus bei thermischen Vestibularisreizen. Laryng. Rhinol. 53, 687 - 692 (1974)

82. de Kleyn, A. Versteegh, C. R. J.:

J. Laryng. 42, 649 (1927)

83. Koch, H., Henriksson, N. G., Lundgren, A., Andrén, G.:

Directional Preponderance and Spontaneous Nystagmus in Eye-Speed Recording. Acta oto-laryng. (Stockholm) 50, 517 - 525 (1959)

84. Kornhuber, H. H.:
Persönliche Mitteilung an Dr. Mulch 1972
85. Kuipers, G.:
Elektronystagmographische Untersuchungen
des thermischen Nystagmus zu verschiedenen
Tageszeiten.
Med. Diss. Münster 1961
86. Mc. Lay, K.:
An assesement of methods of vestibular
testing in clinical practice.
J. Laryng. Otol. 76, 36 - 38 (1962)
87. Mahoney, J. L., Harlan, W. L., Bickford, R. G.:
Visual and other factors Influencing
Caloric Nystagmus in normal Subjects.
Arch. Oto-laryng. 66, 46 - 53 (1957)
88. Meier, B.:
Beitrag zum mehrphasigen Nystagmusab-
lauf durch kalorische Schwachreize.
Laryng. Rhinol. 47, 785 - 790 (1968)
89. Milojevic, B., Watson, J.:
Vestibular asymmetries in right- and
left- handed people.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 60,
322 - 330 (1965)
90. Minningerode, B.:
Kritisches zur Standardisierung quanti-
tativer Vestibularisprüfungen unter be-
sonderer Berücksichtigung des Frequenz-
nystagmogramms.
Laryng. Rhinol. 53, 837 - 844 (1974)

91. Minningerode, B., Grohmann, R.:
Untersuchung zur Bestimmung der maßgebenden Charakteristika des Elektronystagmogrammes gesunder Versuchspersonen verschiedenen Lebensalters bei rotatorischen Beschleunigungsreizen.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 61,
101 - 113 (1966)
92. Minningerode, B., Grohmann, R., Vontin, H.:
Elektronystagmographische Untersuchungen zum Verhalten der Labyrinthfunktion gesunder Versuchspersonen verschiedenen Lebensalters.
Pract. oto-rhino-laryng. 29, 153 - 165
(1967)
93. Mittermaier, R.:
Ergebnisse nystagmographischer Untersuchungen.
Pract. oto-rhino-laryng. 17, 179 - 190
(1955)
94. Mittermaier, R., Christian, W.:
Dauer, Schlagzahl und Gesamtamplitude des kalorischen Nystagmus.
Laryng. Rhinol. 33, 20 - 29 (1954)
95. Müller, W., Haase, E., Wedeking, K., Niedlich, R.:
Das Verhalten des EOG nach Kaffeegegnuß.
Klink. Monatsbl. Augenheilk. 162,
379 - 383 (1973)
96. Mulch, G.:
Zur Aussagekraft der Nystagmusfrequenz als Parameter der Reizantwort nach rotatorischer Stimulation.
HNO 21, 241 - 244 (1973)

97. Mulch, G.:
Ergebnisse einer Doppelblindstudie über
die Wirksamkeit des neuen Antivertiginosum
Sulpirid (Dogmatil).
Z. Laryng. Rhinol. 53, 551 (1974)
98. Mulch, G.:
Wirkungsvergleich von Antivertiginosa
im Doppelblindverfahren.
Z. Laryng. Rhinol. 55, 392 - 399 (1976)
99. Mulch, G., Bonner, C.:
The effect of eye closure upon the
pathological vestibular spontaneous
nystagmus.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 81,
376 - 385 (1976)
100. Mulch, G., Petermann, W.:
Welchen Einfluß hat das Lebensalter auf
das Ergebnis der thermischen Vestibularis-
prüfung?
in Vorbereitung (1977)
101. Mulch, G., Trincker, U.:
Physiologischer Spontan- und Lagenystag-
mus.
Elektronystagmographische Untersuchungen
zu seiner Art, Häufigkeit und Intensität.
Laryng. Rhinol. 54, 841 - 853 (1975)
102. Munthe Fog, C. N.:
The Dependence of Corneo-Retinal Poten-
tial upon illumination.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 188,
414 - 420 (1963)

103. Norré, M. E.:
The failure of Fixation suppression in the caloric test.
Acta oto-rhino-laryng. belg. 28, 252 - 261 (1974)
104. North, A. W.:
Accuracy and precision of electrooculographic recording.
Investigative ophthalmology (San Louis) 4, 343 - 348 (1965)
105. Nsamba, C., Al-Mrashi, M. S. H.:
Nystagmus in alcoholics.
Quart. J. Stud. Alcohol 33, 706 - 713 (1972)
106. Ödkvist, L. M.:
The effect of gravity on positional alcohol nystagmus phase II in man.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 80, 214 - 219 (1975)
107. Ormerod, F. C.:
Variations in nystagmoid Response to stimulation, caused by a number of physical, mental and chemical factors.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 57, 401 - 404 (1964)
108. Petermann, A.:
Über das Vorkommen von "Nystagmusbereitschaft" beim Normalen.
Pract. oto-rhino-laryng. 15, 28 - 49 (1953)
109. Pfaltz, C. R.:
Die normale calorische Labyrinthreaktion.
Photoelektronystagmographische Untersuchun-

gen beim Gesunden - zugleich ein Beitrag zur Frage der diagnostischen Bedeutung der thermischen Labyrinthprüfung ad modum C. S. Hallpike.

Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 172,
131 - 174 (1957)

110. Pfaltz, C. R.:

Die diagnostische Bedeutung der thermischen Labyrinthprüfung.

Schweiz. Arch. Neurol. Neurochir.
Psychiat. 96, 259 - 264 (1965)

111. Pfaltz, C. R.:

Vestibular habituation. Interaction of visual and vestibular stimuli.

Arch. Oto-laryng. Vol. 99 (1974)

112. Pfaltz, C. R.:

Quantitative Parameters in nystagmography. II. Nystagmus-Amplitude.

Pract. Oto-rhino-laryng. 36, 46 - 52
(1974)

113. Pfaltz, C. R., Gulick, R.:

Die pathologische calorische Labyrinthreaktion.

Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 179,
525 - 544 (1962)

114. Pfaltz, C. R., Piffko, P.:

Studies on habituation of the human vestibular system.

Adv. Oto-rhino-laryngol. 17, 169 - 179
(1970)

115. Pfaltz, C. R., Richter, H. S.:

Photoelektrische Nystagmusregistrierung.

Pract. oto-rhino-laryng. 18, 263 - 271
(1956)

116. Pfaltz, C. R., Richter, H. S.:
Grundlagen und Anwendungsbereich der Photoelektronystagmographie.
Schweiz. Arch. Neurol. Neurochir. Psychiat. 96, 264 - 267 (1965)
117. Proctor, L. R., Dix, R. C.:
New approach to caloric stimulation of the vestibular receptor.
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 84, 683 - 694 (1975)
118. Proctor, L. R., Dix, R. C., Hughes, D., Rentea, R.:
Stimulation of the vestibular receptor by means of step temperature changes during continuous aural irrigation.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 79, 425 - 435 (1975)
119. Reker, U.:
Zur kalorischen Vestibularisdiagnostik.
Diskussionsbemerkung auf der 45. Jahrestagung der Vereinigung Westdeutscher HNO-Ärzte Essen 25. 9. 76.
120. Rossberg, G.:
Die Altersabhängigkeit der vestibulären Leistungsfähigkeit. Ein Beitrag zur Regulationsfunktion des Vestibularissystems.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 181, 475 - 490 (1964)
121. Rubinstein, M., Kileny, P., Harell, M.:
Normal values of caloric nystagmus measures.
Israel J. med. sciences 12, 264 (1976)

122. Ryback, R. S., Dowd, P. J.:
After-effects of various alcoholic
veverages on positional nystagmus and
coriolis acceleration.
Aerospace Med. 41, 429 - 435 (1970)
123. Schroeder, D. J.:
Some effects of alcohol on nystagmus
and vertigo during caloric and opto-
kinetik stimulation.
Ann. Otol. 81, 218 - 230 (1972)
124. Schwab, W., Ey, W.:
Das Hör- und Gleichgewichtsorgan beim
Menschen unter akuter Alkoholeinwirkung.
Klinisch experimentelle Ergebnisse und
Möglichkeiten der praktischen Auswertung.
Münch. Med. Wschr. 94, 658 - 662 (1955)
125. Simmons, F. B.:
Patients with bilateral loss of caloric
Response.
Ann. Otol. 82, 175 - 178 (1973)
126. Sokolovski, A.:
The influence of mental activity and
visual fixation upon caloric induced
nystagmus in normal subjects.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 61, 209
(1966)
127. Sokolovski, A.:
Dauer, maximale Geschwindigkeit und
Kulminationsschlagzahl als ENG-Parame-
ter bei neurootologischen Patienten.
Arch. Oto-rhino-laryng. 213, 483 - 484
(1976)

128. Stahle, J.:
Electronystagmography Study.
Acta Soc. Med. Upsal. 62, 77 (1957)
129. Stahle, J.:
Elektronystagmography in the caloric and
rotatory tests. A clinical study.
Acta oto-laryng. (Stockholm) Supp. 137,
1 - 83 (1958)
130. Steffen, T., Linthicum, Jr., Churchill, D.:
Continuous thermal vestibulometry - A new
technique of caloric examination.
Ann. Otol. 79, 619 - 632 (1970)
131. Steinhausen, W.:
Über die Cupula.
Z. Hals-Nas.-Ohren-Heilk. 39, 19 - 62
(1936)
132. Thomson, K. A.:
The caloric test.
Acta oto-laryng. (Stockholm) Suppl. 109,
189 (1953)
133. Thomson, J., Zilstorff, K.:
Vestibular hyperreactivity in the diffe-
rential caloric test.
Pract. oto-rhino-laryng. 35, 258 - 265
(1973)
134. Tibbling, L.:
The influence of tobacco smoking, nicotine,
CO and CO₂ on vestibular nystagmus.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 68, 118 - 126
(1969)

135. Tibbling, L., Henriksson, N. G.:
Effect of cigarette smoking on the vestibular Nystagmus pattern.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 65,
518 - 526 (1968)
136. Tietze, G.:
Beziehungen zwischen den Nystagmus-Parametern bei sägezahnähnlichen Nystagmuskurven.
Arch. Klin. exp. Ohr.-Nas.- u. Kehlk.
Heilk. 195, 121 - 137 (1969)
137. Toggia, J. U.:
Caloric test in blind patients.
Elektronystgmography study.
Arch. Oto-laryng. 86, 298 - 302 (1967)
138. Torok, N.:
Significance of the frequency in caloric nystagmus.
Acta oto-laryng. (Stockholm) 36, 38 - 50
(1948)
139. Torok, N.:
Differential caloric stimulations in vestibular diagnosis.
Arch. Oto-laryng. 90, 52 - 57 (1969)
140. Torok, N.:
Nystagmus frequency versus slow phase in rotatory and caloric nystagmus.
Ann. Otol. 78, 625 - 640 (1969)
141. Torok, N.:
The effects of arousal upon vestibular nystagmus.
Adv. Otorhinolaryng. 17, 76 - 89 (1970)

142. Torok, N.:

Quantitative parameters in nystagmography. 1. The velocity of the slow phase.

Pract. oto-rhino-laryng. 36, 37 - 45
(1973)

143. Trincker, U.:

Elektronystagmographische Untersuchungen über die Häufigkeit des Spontan- und Lagenystagmus bei Gesunden.
Med. Diss. Berlin 1976

144. Veits, C.:

Zur Technik der kalorischen Schwachreizuntersuchung.

Z. Hals-Nas.-u. Ohrenheilk. 19, 542 - 548
(1928)

145. Veits, C., Kosel, R.:

Beiträge zur Lehre vom kalorischen Nystagmus.

Msschr. Ohrenheilk. 64, 521 - 537 (1930)

146. Visser, S. L.:

Some aspects of evaluating electronystagmographic examinations in clinical neurology.

Psychiat. Neurol. Neurochir. (Amsterdam) 66, 24 - 44 (1963)

147. Wirth, G.:

Kalorische und rotatorische Untersuchungen bei hörrestigen und gehörlosen Kindern.

Laryng. Rhinol. 237 (1970)

148. Zühlke, D., Landeghem, K. van:

Schwindel und Nystagmus.

Hippokrates 39, 774 - 778 (1968)

Lebenslauf

11. 05. 1949 Geburt als zweites Kind und erste Tochter des Tierarztes Dr. Franz Leonardy und dessen Ehefrau Maria Leonardy geborene Goebel in Neuerburg Kreis Bitburg.
- 1956 - 1960 Grundschulzeit in den Katholischen Bekenntnisschulen Koblenz und Daun.
- 1960 - 1968 Gymnasialzeit im Neusprachlichen Gymnasium Gerolstein und im Aufbaugymnasium Daun. (Reifeprüfung 19. 06. 1968.)
- 1969 - 1972 Vorklinisches Studium an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. (Ärztliche Vorprüfung 10. 02. 1972.)
- 1972 - 1975 Klinisches Studium an der Freien Universität Berlin. (Ärztliche Prüfung 25. 08. 1975.)
- 1975 - 1976 Medizinalassistent in der Inneren Abteilung des Elisabeth-Krankenhauses in Berlin-Tiergarten, in der Hals-Nasen-Ohren-Klinik mit Polikliniken des Klinikum Steglitz der Freien Universität Berlin, in der Frauenklinik des Klinikum Charlottenburg der Freien Universität Berlin und in der Chirurgischen Abteilung des Königswarter Krankenhauses in Berlin-Steglitz.
- zur Zeit Assistenzarzt in der Hals-Nasen-Ohren-Klinik des Städtischen Krankenhauses Heilbronn.

DISSERTATIONS DRUCK WALTER MONATH
Wichurastr. 58c Tel. 030/775 4776/77 1 Berlin 46